

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Исследование влияния микроволнового облучения на пробоподготовку пищевых продуктов при определении примесей тяжелых металлов</b>

УДК 614.31:537.86.029.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д6Б	Ким Валерия Владиславовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОХИ	Губа Галина Яковлевна	К.Х.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Михеева Елена Валентиновна	К.Х.Н., доцент		

# ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

## 18.03.01 Химическая технология

### Химическая технология синтетических биологически активных веществ, химико-фармацевтических препаратов и косметических средств

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОПК - 1, 2, 3) Критерий 5 АИОР (п.1.1), CDIO(п. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС ВО (ПК-1, 4,18), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2), CDIO (п. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС ВО (ПК-1, 2, 4, 16 ОПК-2,3), Критерий 5 АИОР (пп.1.2), CDIO (1.2, 2.1, 4.5)
P4	Разрабатывать <i>новые</i> технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, <i>проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-4, 5, 11), Критерий 5 АИОР (п.1.3), CDIO (п.1.3, 4.4, 4.7)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС ВО (ПК-10, 16), Критерий 5 АИОР (п.1.4), CDIO (п. 2.2)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, <i>выводить на рынок новые материалы</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС ВО (ПК-6,10,12,13,14,15, ОПК-6), Критерий 5 АИОР (п.1.5) CDIO (п. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС ВО (ОК-1,2,3,4,6,7), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), CDIO (п. 2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС ВО (ОК-7), Критерий 5 АИОР (2.6), CDIO (п. 2.4)
P9	<i>Активно владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС ВО (ОК-5, ПК-20), Критерий 5 АИОР (п.2.2), CDIO (п. 3.2, 3.3)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <i>демонстрировать лидерство в</i>	Требования ФГОС ВО (ОК-6, 7, ПК-14), Критерий 5 АИОР

	инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	(пп.1.6, 2.3) CDIO (п. 4.7, 4.8, 3.1)
--	---	--

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность) 18.03.01 «Химическая технология»  
 Уровень образования Бакалавриат  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии  
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.02.2020	Выполнение экспериментов	30
11.04.2020	Обзор литературы	20
12.05.2020	Разработка раздела «Социальная ответственность»	10
17.05.2020	Разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
6.06.2020	Обработка полученных данных	30

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Губа Галина Яковлевна	К.Х.Н		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Михеева Е.В.	К.Х.Н.		

Руководителю отделения (НОЦ школы)  
Химической инженерии  
(название отделения (НОЦ) школы)  
Михеева Елена Валентиновна  
(Ф.И.О.)  
От студента гр. 2Д6Б  
Ким Валерии Владиславовны  
(Ф.И.О.)

### ЗАЯВЛЕНИЕ

Прошу разрешить мне выполнение выпускной квалификационной работы в форме

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)  
по направлению подготовки (специальности):

18.03.01 «Химическая технология»

на тему:

Исследование влияния микроволнового облучения на пробоподготовку пищевых продуктов  
при определении примесей тяжелых металлов

под руководством

Доцент ОХИ, Губа Галина Яковлевна

(должность и Ф.И.О. руководителя)

2.09.2019 г.

(Личная подпись студента)

### ЗАЯВЛЕНИЕ

Прошу уточнить ранее утвержденную тематику ВКР в форме

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)  
по направлению подготовки (специальности):

18.03.01 «Химическая технология»

Ранее утвержденная тема ВКР:

Исследование влияния микроволнового облучения на пробоподготовку пищевых продуктов  
при определении примесей тяжелых металлов

Руководитель:

Доцент ОХИ, Губа Галина Яковлевна

Дата защиты ВКР:

16 июня 2020г.

Уточненная тема ВКР:

Исследование влияния микроволнового облучения на пробоподготовку пищевых продуктов  
при определении примесей тяжелых металлов

10.02.2020 г.

(Личная подпись студента)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки (специальность) 18.03.01 «Химическая технология»  
Отделение школы (НОЦ) Отделение химическо инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      Михеева Е.В.  
(Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2Д6Б	Ким Валерии Владиславовне

Тема работы:

Исследование влияния микроволнового облучения на пробоподготовку пищевых продуктов при определении примесей тяжелых металлов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

#### Исходные данные к работе

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Объект исследования: виноматериал, кекс, сок апельсиновое манго и яблочный.

Предмет исследования: изучение влияния МВО на процесс пробоподготовки пищевых продуктов при определении примесей тяжелых металлов.

Провести исследование влияния МВО на процесс пробоподготовки пищевых продуктов при

	определении примесей тяжелых металлов.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Литературный обзор по тематике научно-исследовательской работы. Проведение комплекса экспериментов для достижения цели исследования. Анализ и обсуждение результатов проведенной работы. Анализ экономической эффективности и ресурсоэффективности проекта. Анализ рисков и опасностей проведения исследования и составления перечня нормативов для их регулирования. Формулировка выводов и заключений по работе.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Т.Б.
Социальная ответственность	Сечин А.А.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Губа Галина Яковлевна	к.э.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
--------	-----	---------	------

2Д6Б	Ким Валерия Владиславовна		
------	---------------------------	--	--

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Д6Б	Ким Валерия Владиславовна

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. <i>Стоимость ресурсов исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ».
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- районный коэффициент – 1,3; - коэффициент доплат -0,3; - накладные расходы – 16%;
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды – 30%

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации, проведение SWOT-анализа
2. <i>Планирование и формирование бюджета проекта</i>	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта. Определение затрат на проектирование (смета затрат)
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет интегрального показателя эффективности проекта

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Календарный план график проведения работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**



Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСТН	Якимова Татьяна Борисовна	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д6Б	Ким Валерия Владиславовна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д6Б	Ким Валерия Владиславовна

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология

Тема ВКР:

Исследование влияния микроволнового облучения на пробоподготовку пищевых продуктов при определении примесей тяжелых металлов	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объектом исследования являются виноматериал, кексы и соки.</p> <p>Прибор – микроволновая установка.</p> <p>Рабочая зона – научно-исследовательская лаборатория ОХИ НИ ТПУ.</p> <p>Область применения результатов исследования – пищевая промышленность.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– МУ 08-47/136. ПРОДУКТЫ ПИЩЕВЫЕ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЕ СЫРЬЕ. ИНВЕРСИОННО-ВОТЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (КАДМИЯ, СВИНЦА, МЕДИ И ЦИНКА)</li> <li>– ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения)</li> <li>– ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.</li> <li>– ГОСТ 12.1.003–83. Шум. Общие требования безопасности.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.</li> <li>– ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.</li> </ul>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>– вредные и опасные факторы: <ul style="list-style-type: none"> <li>• влияние химических реактивов и их испарений;</li> <li>• недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>• несоответствующие нормативам параметры микроклимата;</li> <li>• повышенный уровень шума;</li> <li>• несоблюдение ТБ и требований пожаробезопасности и электробезопасности для лабораторных помещений</li> </ul> </li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- На атмосферу оказывают влияние вещества, способные попадать в воздух через вентиляцию лаборатории;</li> <li>- Для гидросферы представляют опасность жидкие органические, неорганические и биологические отходы;</li> <li>- Основной угрозой для литосферы является неверная утилизация органических отходов, реактивов.</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения: <ul style="list-style-type: none"> <li>• химический взрыв</li> <li>• внезапное отключение электроэнергии;</li> <li>• выход оборудования из строя;</li> <li>• возгорание оборудования;</li> </ul> </li> <li>– наиболее типичная ЧС - пожар</li> </ul>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

#### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

#### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д6Б	Ким Валерия Владиславовна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа изложена на 92 с., содержит - 1 рисунок, 31 таблицу, 62 источника литературы.

Ключевые слова: микроволновое облучение,

**Объект исследования:** виноматериал, кекс, сок апельсиновое манго и яблочный.

**Предмет исследования:** изучение влияния МВО на процесс пробоподготовки пищевых продуктов при определении примесей тяжелых металлов.

**Цель работы** – исследование влияния МВО на процесс пробоподготовки пищевых продуктов при определении примесей тяжелых металлов.

В ходе работы проводились исследования по поиску оптимальных условий пробоподготовки виноматериалов, кексов и соков в МВО. Изучено влияние мощности МВО на время пробоподготовки. Полученные результаты могут быть использованы, чтобы существенно ускорить время анализа.

Руководитель: к.х.н., доцент Г.Я. Губа.

Выполнил: бакалавр группы 2Д6Б В.В. Ким

## **Условные обозначения и сокращения**

МВО – микроволновое облучение;

$t_{\text{кип}}$  – температура кипения, °С;

ИВА – инверсионная вольтамперометрия;

ВОЗ – всемирная организация здравоохранения;

СВЧ – сверхвысокочастотное излучение;

МВ-поле – микроволновое поле;

МВ-лучи – микроволновые лучи;

МВ-нагрев – микроволновый нагрев;

US EPA – United States Environmental Protection Agency (Агентство по охране окружающей среды США).

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	16
1. Обзор литературы .....	17
1.1 Общие сведения о предподготовке образцов пищевых продуктов на примеси металлов .....	17
1.1.1 Общие понятия .....	17
1.1.2 Правила отбора проб .....	18
1.1.3 Требования к помещениям для отбора проб, оборудованию и персоналу	20
1.1.4 Содержание тяжелых металлов в пищевых продуктах и их влияние на организм .....	21
1.2 Природа микроволнового облучения .....	28
1.3 Применение микроволнового облучения в аналитической химии .....	32
1.3.1 Взаимодействие микроволнового облучения со средой .....	32
1.3.2 Воздействие микроволнового облучения на протекание реакций .....	34
1.4 Вольтамперометрические методы определения .....	35
1.5 Предподготовка пищевых продуктов в условиях микроволнового облучения .....	39
1.5.1 Мокрое озоление .....	41
1.5.2 Сухое озоление .....	42
2 Экспериментальная часть .....	43
2.1 Объекты и методы исследования .....	43
2.2 Пробоподготовка жидких веществ на анализ на содержание металлов ....	43
2.3 Пробоподготовка твердых веществ на анализ на содержание металлов ...	44
2.4 Описание опытов .....	44
3 Результаты и обсуждения .....	56
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	57
Введение .....	57

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	57
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений .....	57
4.1.2 SWOT-анализ .....	59
4.2 Планирование исследовательских работ .....	62
4.2.1 Структура работ в рамках проводимого исследования .....	62
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	63
4.2.3 Разработка графика проведения исследования в рамках ВКР .....	64
4.3 Бюджет проводимого исследования в рамках ВКР .....	67
4.3.1 Расчет материальных затрат .....	67
4.3.2 Расчет затрат на оборудование .....	68
4.3.3 Расчет основной заработной платы .....	69
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	70
4.3.5 Накладные расходы .....	71
4.3.6 Формирование бюджета затрат проводимого исследования .....	71
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	72
5 Социальная ответственность .....	76
Введение .....	76
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	76
5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства .....	76
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	78
5.2 Производственная безопасность .....	78
5.2.1 Производственная безопасность .....	79
5.2.2 Производственная безопасность .....	80
5.3 Экологическая безопасность .....	83
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	84
5.4.1 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	84

5.4.2Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

В последнее время в пищевые продукты стали добавлять все больше и больше различных добавок для приобретения ими необходимых свойств. Однако наличие некоторых компонентов остаётся неизменным, таких как тяжелые металлы. Они необходимы для нормального протекания физиологических процессов в организме человека, но в определенных количествах, т.к. при повышенных концентрациях они токсичны. Из-за этого большое внимание стали также уделять контролю количества металлов в составе пищевых продуктов. Одной из составных частей процесса контроля является пробоподготовка.

Целью данной работы: изучение влияния МВО на процесс пробоподготовки пищевых продуктов при определении примесей тяжелых металлов.

В задачи работы входит:

- изучить влияние МВО на протекание процесса пробоподготовки виноматериалов, кексов, соков при определении примесей свинца и кадмия;
- исследовать влияние мощности МВО на процесс пробоподготовки пищевых продуктов;

### **Научная новизна**

Установлено, что процесс пробоподготовки пищевых продуктов ускоряется при использовании метода МВО в 7 раз.

Показано, что оптимальной является мощность 280Вт. При более высокой мощности происходит осмоление продуктов.

### **Практическая значимость**

Использование микроволнового излучения в процессе пробоподготовки для количественного определения содержания металлов в пищевых продуктах позволит существенно ускорить время анализа.



## **1 Обзор литературы**

### **1.1 Общие сведения о подготовке образцов пищевых продуктов на примеси металлов**

#### **1.1.1 Общие понятия**

Пробоподготовка — совокупность действий над объектом анализа (измельчение, гомогенизация, экстракция, гидролиз, осаждение и пр.) с целью превращения пробы в подходящую для последующего анализа форму (сухой остаток, раствор и пр.), состояние вещества (основание, солевая форма, гидролиз конъюгатов и пр.), а также для концентрирования/разбавления аналита и избавления от мешающих анализу компонентов [1].

Основная задача пробоподготовки — подготовка вещества, материалов, компонентов анализа для определенного вида анализа. Пробоподготовка помогает повысить точность получаемых результатов, расширить исследуемый диапазон значений, повысить безопасность исследования, ускорить тест, улучшить воспроизводимость и погрешность результатов [2].

Пробоподготовка используется в таких областях, как микроскопия, материалография, хроматография, спектроскопия, масс-спектрометрия, рентгеноструктурный и рентгенофлуоресцентный анализ, инструментальный и мокрый химический анализ, минералогические исследования и многие другие [1].

Отбор проб (выборок) произведенных (изготовленных) лекарственных средств и материалов, используемых в процессе их производства (изготовления) или характеризующих стадии технологического процесса производства (изготовления), должен проводиться в соответствии с утвержденной процедурой отбора проб, если иное не указано в нормативной документации [2].

Процедура отбора проб должна соответствовать определенным целям отбора, виду испытаний и специфике отбираемых образцов.

При проведении процедуры отбора проб должны быть предусмотрены и учтены [2]:

- план или схема отбора проб;
- объем и тип отбора проб;
- место и время отбора проб;
- извлечение и подготовка проб для испытаний;
- специальные меры предосторожности, особенно в отношении стерильных и опасных лекарственных средств или материалов;
- перечень используемого оборудования для отбора проб;
- требования по очистке и хранению оборудования для отбора проб и др.;
- тип, характеристика и маркировка тары для хранения проб;
- параметры окружающей среды при отборе и подготовке проб для испытаний.

При формировании плана отбора проб необходимо принимать во внимание конкретные цели отбора проб; физико-химические, биологические и другие свойства исследуемого объекта, его однородность, стабильность, критичность; количество отбираемого образца; риски и последствия, связанные с ошибочными решениями по выбору плана отбора [2].

### **1.1.2 Правила отбора проб**

Пробы отбирают от генеральной совокупности (партии/серии), состоящей из выборочных единиц.

При отборе проб, характеризующих стадии технологического процесса производства (изготовления), генеральная совокупность устанавливается внутренними документами предприятия-производителя (изготовителя) продукции [3].

В процессе проведения отбора проб необходимо учитывать факторы, которые должны контролироваться с тем, чтобы обеспечить достоверность результатов испытаний.

Методика отбора должна предусматривать предотвращение загрязнения исследуемых субстанций и материалов, из которых отбираются пробы, самих отбираемых проб, а также других субстанций, материалов и окружающей среды [4].

Методика отбора проб материалов при внутрипроизводственном процессе должна учитывать критические стадии процесса производства (изготовления) продукции и включать установленные контрольные точки отбора проб (емкости, места отбора и т.п.) [3].

Не допускается отбор проб одновременно от двух и более наименований субстанций, двух и более серий (партий) готовой продукции во избежание ошибок при отборе проб. К отбору от следующей серии (партии) готовой продукции или материалов можно приступать только после выполнения всей процедуры отбора от предыдущей серии (партии).

Перед отбором проб необходимо провести внешний осмотр каждой упаковочной единицы всей серии (партии) готовой продукции или материалов. При осмотре необходимо обратить внимание на соответствие упаковки, в которой находится готовая продукция или материалы, и ее маркировки требованиям нормативной документации, определить количество готовой продукции и материалов, целостность и наличие пломб на упаковке, правильность оформления сопроводительной документации и соответствия в ней данных серии (партии) готовой продукции или материалов, предназначенной для отбора проб [2].

Пробы отбирают только из неповрежденных, укупоренных и упакованных согласно нормативной документации упаковочных единиц. Готовая продукция и материалы в поврежденной упаковке, не

соответствующей требованиям нормативной документации, должна быть отклонена [2].

### **1.1.3 Требования к помещениям для отбора проб, оборудованию и персоналу**

Все операции, связанные с отбором проб, следует выполнять должным образом в отдельном помещении или специально отведенном месте с использованием надлежащего оборудования и инструментов для отбора проб. Используемое при отборе проб испытательное оборудование и средства измерений должны пройти в установленном порядке аттестацию или поверку.

Персонал, выполняющий отбор проб, должен иметь соответствующую подготовку [2].

Документация по процедуре отбора проб должна находиться в местах отбора проб и быть доступной для персонала.

Перед отбором проб персонал, ответственный за отбор, должен изучить необходимую информацию, связанную с техникой безопасности и охраной своего здоровья, содержащую необходимые меры предосторожности и требования к персоналу по отбору проб и окружающей среде.

Персонал, занятый отбором проб, должен строго соблюдать инструкции, регламентирующие состояние здоровья и требования личной гигиены.

Пробоотборщики должны носить соответствующую защитную одежду, специальную обувь для выполнения задания, используя при необходимости перчатки, фартуки, очки, респираторы и другие средства индивидуальной защиты [2].

При отборе проб запрещается принимать пищу, пить, курить, а также хранить еду, средства для курения в специальной одежде или месте отбора проб.

При отборе проб необходимо соблюдать меры предосторожности и требования безопасности, учитывая токсичность, огне- и взрывоопасность, гигроскопичность и другие свойства продукции, а также меры, направленные

на предохранение отбираемых проб от повреждения и загрязнения во время работы с ними, требования к их упаковке, транспортированию, складированию и хранению с учетом требований и методов последующих испытаний [2].

При отборе проб лекарственных средств и материалов, относящихся к наркотическим средствам, психотропным веществам и их прекурсорам, следует руководствоваться действующими законодательными документами Российской Федерации и фармакопейными статьями или другой нормативной документацией.

Лица, ответственные за отбор проб, должны иметь безопасный доступ и выход из зоны отбора проб и места хранения образцов. Помещения хранения образцов должны иметь надлежащее освещение, вентиляцию, внутреннюю организацию, соответствующую требованиям безопасности, связанным с характером отобранных образцов продукции [2].

#### **1.1.4Содержание тяжелых металлов в пищевых продуктах и их влияние на организм**

Среди загрязнителей биосферы, представляющих наибольший интерес для различных служб контроля ее качества, металлы (в первую очередь тяжелые, то есть имеющие атомный вес больше 50) относятся к числу важнейших. Тяжелые металлы – это медь, хром, цинк, молибден, марганец, свинец, кадмий, никель, мышьяк, ртуть, в очень малых количествах входят в состав биологически активных веществ, которые необходимы для нормальной жизнедеятельности растений и человека. Тяжелые металлы попадают в организм человека через загрязненный воздух, воду, почву и потребительские товары. Основной источник — это продукты питания, поэтому санитарными нормами жестко нормируется содержание в них и в продовольственном сырье тяжелых металлов.

Многие тяжелые металлы, такие как железо, медь, цинк, молибден, участвуют в биологических процессах и в определенных количествах являются необходимыми для функционирования растений, животных и человека микроэлементами. С другой стороны, тяжёлые металлы и их соединения могут оказывать вредное воздействие на организм человека, способны накапливаться в тканях, вызывая ряд заболеваний. Не имеющие полезной роли в биологических процессах металлы, такие как свинец и ртуть, определяются как токсичные металлы. Некоторые элементы, такие как ванадий или кадмий, обычно имеющие токсичное влияние на живые организмы, могут быть полезны для некоторых видов [3].

Ртуть – весьма токсичный яд кумулятивного действия (т. е. способный накапливаться), поэтому в молодых животных его меньше чем в старых, а в хищниках (тунец, меч-рыба, акула – 0,7 мг/кг) больше, чем в тех объектах, которыми они питаются. Поэтому хищной рыбой лучше не злоупотреблять в питании. Из других животных продуктов «накопителем» ртути являются почки животных (в сыром виде) – до 0,2 мг/кг; поскольку почки при кулинарной обработке предварительно многократно вымачивают по 2–3 ч со сменой воды и дважды вываривают, то в оставшемся продукте содержание ртути уменьшается почти в 2 раза. Из растительных продуктов ртуть больше всего содержится в орехах, какао-бобах и шоколаде (до 0,1 мг/кг). В большинстве остальных продуктов содержание ртути не превышает 0,01–0,03 мг/кг [3].

Ртуть может стимулировать изменения в нормальном развитии мозга детей, а в более высоких дозах вызывать неврологические изменения у взрослых. При хроническом отравлении развивается микромеркуриализм – заболевание, которое проявляется в быстрой утомляемости, повышенной возбудимости с последующим ослаблением памяти, неуверенности в себе, раздражительности, головных болях, дрожании конечностей [5].

Свинец – яд высокой токсичности. В большинстве растительных и животных продуктов естественное его содержание не превышает 0,5–1,0 мг/кг. Больше всего свинца содержится в хищных рыбах (в тунце до 2,0 мг/кг), моллюсках и ракообразных (до 10 мг/кг) [3]. В основном повышение содержания свинца наблюдается в консервах, помещенных в так называемую сборную жестяную тару которая спаивается сбоку и к крышке припоем, содержащим определенное количество свинца. К сожалению, пайка иногда бывает некачественная (образуются брызги припоя), и хотя консервные банки еще дополнительно покрываются специальным лаком это не всегда помогает. Имеются случаи, правда довольно редкие (до 2%), когда в консервах из этой тары накапливается, особенно при длительном хранении, до 3 мг/кг свинца и даже выше что, конечно, представляет опасность для здоровья, поэтому продукты в этой сборной жестяной таре не хранят более 5 лет [6].

Попадая в клетки, свинец (как и многие другие тяжелые металлы) дезактивирует ферменты, где реакция идет по сульфгидрильным группам белковых составляющих ферментов с образованием  $-S-Pb-S-$ . Свинец замедляет познавательное и интеллектуальное развитие детей, увеличивает кровяное давление и вызывает сердечно-сосудистые болезни взрослых. Изменения нервной системы проявляются в головной боли, головокружении, повышенной утомляемости, раздражительности, в нарушениях сна, ухудшении памяти, мышечной гипотонии, потливости. Свинец может заменять кальций в костях, становясь постоянным источником отравления. Органические соединения свинца еще более токсичны. Высокоэффективным связующим для попавшего в организм свинца оказался пектин, содержащийся в кожуре апельсинов [5].

В настоящее время установлены следующие максимальные уровни свинца в пищевых продуктах: молоко; продукты для новорожденных – 0,02 мг/кг; фрукты, овощи; мясо крупного рогатого скота, овец и свиней, птицы; жир животных и домашней птицы, растительные масла; молочный жир – 0,1

мг/кг; мелкие фрукты, яблоки и виноград; зерна злаков, бобы, вино – 0,2 мг/кг; съедобные субпродукты крупного рогатого скота, свиней и домашней птицы – 0,5 мг/кг.

Кадмий – это весьма токсичный элемент, в пищевых продуктах содержится примерно в 5–10 раз меньше, чем свинца. Повышенные концентрации его наблюдаются в какао-порошке (до 0,5 мг/кг), почках животных (до 1,0 мг/кг) и рыбе (до 0,2 мг/кг). Содержание кадмия увеличивается в консервах из сборной жестяной тары, так как кадмий, как и свинец, переходит в продукт из некачественно выполненного припоя, в котором также содержится определенное количество кадмия.

Повышенное содержание кадмия может произойти в результате попадания его из окружающей среды, например для выращивания сельскохозяйственных культур или животных используют территории, загрязненные кадмием [3]. В этом случае группой риска являются овощи, фрукты, мясо, молоко. Пшеница содержит кадмия втрое больше, чем рожь. Кадмий накапливается, в первую очередь, в грибах, во многих растениях (особенно зерновых, овощных и стручковых культурах, а также орехах) и животных (прежде всего, водных). В растения тяжелый металл проникает из почвы. Одним почвам изначально свойственно повышенное содержание кадмия, другие загрязнены промышленными отходами или обработаны удобрениями, содержащими кадмий. Кадмия естественного в пищевых продуктах содержится примерно в 5–10 раз меньше, чем свинца. Повышенные концентрации его наблюдаются в какао-порошке (до 0,5 мг/кг), почках животных (до 1,0 мг/кг) и рыбе (до 0,2 мг/кг).

Кадмий по химическим свойствам родственен цинку, может замещать цинк в ряде биохимических процессов в организме, нарушая их (например, выступать как псевдоактиватор белков). Смертельной для человека может быть доза в 30–40 мг. Особенностью кадмия является большое время удержания: за 1 сутки из организма выводится около 0,1% полученной дозы.



Симптомы кадмиевого отравления: белок в моче, поражение центральной нервной системы, острые костные боли, дисфункция половых органов. Кадмий влияет на кровяное давление, может служить причиной образования камней в почках (накопление в почках особенно интенсивно). Для курильщиков или занятых на производстве с использованием кадмия добавляется эмфизема легких.

Мышьяк, химический элемент, присутствующий во всей окружающей среде, человек ни как не может его контролировать. Источник загрязнения пищи и воды мышьяком: бытовые отходы, выбросы промышленных предприятий, химические загрязнения, фермерство, пестициды на полях, которые затем вместе с дождем попадают в грунтовые воды и реки, не говоря уже и высоком уровне мышьяка в самой почве [3]. Из-за его широкого распространения, мышьяк был в нашей пищевой цепи с начала времен. Исследования показывают, что на сегодняшний день уровень мышьяка повысился катастрофически, из-за деятельности человека.

Мышьяк содержится в следующих пищевых продуктах: белый и коричневый рис, яблочный сок, куриное мясо, коктейли белка и белковый порошок.

Длительное воздействие значительной концентрации мышьяка, провоцирует рак печени, почек, мочевого пузыря, легких или простаты. Признаки отравления мышьяком: понос, острые боли в животе, рвота, если доза слишком высока, организм ее не смог вывести, затем следует покалывание в ногах, руках, мышечные судороги и смерть. Если мышьяк регулярно присутствует в вашей питьевой воде, продуктах питания, вы не минуемо заболите раком или появится кожная патология. Возможны и следующие последствия: развитие сердечно – сосудистых заболеваний, диабет. Регулярное отравление мышьяком в небольших дозах, проявляется изменением пигментации, гиперкератозом – чрезмерное утолщение рогового слоя кожи (на ладонях, подошвах ног), после пяти лет отравления неминуем

рак кожи, гиперкератоз является предвестником рака кожи – это официальное заявление ВОЗ. В дополнение к раку кожи, длительное воздействие мышьяка, также может привести к раку мочевого пузыря и легких, повреждению кровеносных сосудов, бородавкам на коже и нарушений функций нервной системы. Международное агентство по изучению рака (МАИР) отнесла мышьяк и соединения мышьяка в нашей пище и воде, к канцерогенным веществам. Регулярное воздействие низкого уровня мышьяка на организм беременной приводит к дефектам у развивающегося плода [7].

Медь является важнейшим микроэлементом, необходимым организму для целого ряда функций – от формирования костей и соединительной ткани до выработки специфических ферментов. По рекомендации ВОЗ суточная потребность в меди для взрослых составляет 1,5 мг. Медь присутствует во всех тканях организма, но основные ее запасы находятся в печени, меньше – в мозге, сердце, почках и мышцах. Хотя медь и является третьим по количеству микроэлементом в организме человека после железа и цинка, всего-то ее содержится в теле около 75–100 мг.

Около 90% меди в крови находится в составе соединений, которые транспортируют железо в ткани, а также выступают в качестве ферментов, ускоряющих его окисление, то есть переработку, усваивание. Именно поэтому очень часто симптомы нехватки железа (например, низкий гемоглобин) на самом деле означают дефицит меди.

Кроме того, медь – компонент лизилоксидазы, фермента, который участвует в синтезе коллагена и эластина, двух важных структурных протеинов, находящихся в костях и соединительных тканях. Важнейший фермент тирозиназа, который превращает тирозин в меланин – пигмент, придающий цвет коже и волосам, также содержит медь. Также медь содержится в веществах, которые входят в состав меланинового покрытия, защищающего нервы.

Чрезмерное потребление меди может стать причиной болей и колик в животе, тошноты, диареи, рвоты, поражения печени. К тому же некоторые эксперты считают, что повышенный уровень меди, особенно при дефиците цинка, может быть фактором, провоцирующим шизофрению, гипертензию, депрессию, бессонницу, раннее старение и предменструальный синдром. Послеродовая депрессия также может быть следствием высокого уровня меди. Это происходит по причине того, что во время беременности медь накапливается в организме примерно в двойной дозе и требуется до трех месяцев, чтобы снизить ее уровень до нормального [6].

Поскольку избыток меди выделяется через желчь, отравление медью может случиться у людей с нарушениями работы печени или другими заболеваниями, связанными со сниженной функцией выделения желчи.

Токсичный эффект от повышенного уровня меди в тканях наблюдается у пациентов с болезнью Вильсона, генетическим расстройством способности аккумулировать медь в различных органах, что приводит к нарушениям синтеза белка для переноса меди в крови.

Содержание цинка в организме взрослого человека небольшое – 1,5-2 г. Суточная потребность в цинке составляет 10-15 мг. Верхний допустимый уровень потребления цинка установлен в 25 мг в сутки. Он действует на наш организм на уровне клеток, напрямую участвуя в обмене веществ: этот важнейший микроэлемент является частью всех витаминов, ферментов и гормонов, по сути, занимая 98% всех наших клеток.

Цинк незаменим для нормального функционирования тела человека и, конечно же, духа, ведь «в здоровом теле – здоровый дух». Наличие этого микроэлемента в организме обеспечивает человеку нормальную жизнедеятельность и хорошее самочувствие. Напротив, его недостаток может вызвать ряд серьёзных проблем: нарушения репродуктивной функции, сбои в работе иммунной системы, аллергические реакции, дерматит, плохое кровообращение, анемия, замедление процесса заживления, торможение

нормального роста, полового созревания, потеря вкусовых качеств и обоняния, потеря волосяного покрова, у спортсменов – снижение полученных результатов, у подростков – склонность к алкоголизму, у беременных женщин – прерывание беременности; преждевременные роды, рождение ослабленных детей с низким весом [6].

Итак, больше всего цинка находится в зерновых и бобовых культурах и в орехах. Однако рекордсменами по содержанию этого полезного вещества в 100 гр являются устрицы. Также богаты цинком угри в отварном виде и пшеничные отруби, мясные изделия, сухие или прессованные дрожжи. Цинк содержится также в мясе птицы, сырах, луке, картофеле, чесноке, зелёных овощах, гречневой крупе, чечевице, сое, ячменной муке, сухих сливках, сельдерее, спарже, редьке, хлебе, цитрусовых, яблоках, инжире, финиках, чернике, малине, чёрной смородине [7].

Токсические элементы могут попасть в опасных для человека концентрациях в пищевые продукты из сырья и в процессе технологической обработки только при нарушении соответствующих технологических инструкций. Так, в растительном сырье они могут появиться при нарушении правил применения ядохимикатов, содержащих в своем составе такие токсические элементы, как ртуть, свинец, мышьяк и др. Повышенное количество токсических элементов может появиться в зоне вблизи промышленных предприятий, загрязняющих воздух и воду недостаточно очищенными отходами производства [8].

## **1.2 Природа микроволнового облучения**

Микроволновое облучение, сверхвысокочастотное излучение (СВЧ-излучение) — электромагнитное излучение, включающее в себя дециметровый, сантиметровый и миллиметровый диапазоны радиоволн, частоты микроволнового излучения изменяются от 300 МГц до 300 ГГц (длина волны от 1 м до 1 мм). Данное определение относит к микроволнам как диапазон ультравысоких частот (дециметровые волны), так и диапазон крайне

высоких частот (миллиметровые волны), тогда как в радиолокации микроволновым диапазоном принято обозначать волны с частотами от 1 до 100 ГГц (с длинами волн от 300 до 3 мм). В обоих определениях микроволновое облучение включает в себя СВЧ диапазон [9].

Электромагнитные излучения - электромагнитные волны, возбуждаемые различными излучающими объектами, - заряженными частицами, атомами, молекулами, антеннами и пр. [10].

Сфера применения микроволновой техники в настоящее время достаточно широка и по мере развития науки и технологии все больше внедряется в нашу повседневную жизнь. Кроме рассматриваемых микроволновых печей можно отметить такие области применения, как радиолокация, радионавигация, системы спутникового телевидения, телефонная сотовая связь и многое другое. В последнее время идут интенсивные и небезуспешные исследования по использованию микроволн в медицине и биологии [11].

Физическая природа микроволнового излучения такая же, как у света или радиоволн. Отличие только в частоте, с которой происходят электромагнитные колебания, или в длине волны, что то же самое, поскольку последняя связана с частотой соотношением:

$$\lambda = c/f, \text{ где}$$

$\lambda$  — длина волны,

$c$  — скорость распространения волны;

$f$  — частота.

Частота, с которой происходят колебания электромагнитного поля, в значительной степени влияет на его внешние свойства [12].

Виды электромагнитного излучения

В зависимости от длины волны, электромагнитное излучение можно разделить на множество видов [13]:

- Видимый свет. Сюда относится то электромагнитное излучение, которое человек может воспринимать зрительно. Длина световых волн в данном случае варьируется от 380 до 780 нанометров. Из этого следует, что электромагнитные волны видимого света очень короткие.

- Инфракрасное излучение. Данный вид излучения находится в электромагнитном спектре между радиоволнами и световым излучением. Длина инфракрасных волн значительно больше световых волн и располагается в диапазоне от 780 нанометров до 1-го миллиметра.

- Радиоволны. Сюда же можно отнести микроволны, что излучает микроволновая печь. Это самые длинные электромагнитные волны. К ним относится все виды излучения, длина волн которых начинается от 0,5 миллиметра.

- Ультрафиолетовое излучение. Данный вид электромагнитного излучения является пагубным для большинства живых существ. Длина таких волн находится в диапазоне от 10 до 400 нанометров. Располагаются волны инфракрасного излучения в промежутке между видимым и рентгеновским излучением.

- Рентгеновское излучение. Этот вид электромагнитного излучения выделяется среди других наличием электронов. Оно имеет широкий диапазон волн – от 10–7 м до 10–12 м. Этот вид излучения широко используется в медицинском оборудовании.

Гамма-излучение. Это самый коротковолновой вид электромагнитного излучения. Длина волны менее 10–10 метра. Гамма-лучи имеют самую высокую энергию излучения. Этот вид – самый опасный вид электромагнитного излучения для человеческого организма.

Несмотря на то, что электромагнитное излучение имеет физические различия, во всех его источниках это излучение возбуждается при помощи движущихся с ускорением электрических зарядов [14].

Различают два вида источников электромагнитного излучения:

1) Микроскопические источники электромагнитного излучения. Заряженные частицы в «микроисточниках» переходят из одного энергетического уровня в другой при помощи скачков. Такие скачки происходят внутри молекул и атомов. Излучатели такого типа испускают ультрафиолетовое, рентгеновское, гамма-, инфракрасное и видимое излучение. В некоторых случаях возникает длинноволновое излучение. В качестве примера тут можно привести линию в спектре водорода, которая соответствует длине волны 21 сантиметр. Такое вид излучения играет важную роль в радиоастрономии.

2) Макроскопические источники электромагнитного излучения. В данном случае свободные электроны проводников совершают периодические синхронные колебания. Электрическая система тут может иметь разные размеры и конфигурации. Системы данного типа генерируют электромагнитное излучение в диапазоне от миллиметровых размеров волн и до самых длинных. Часто применяется в линиях электропередач.

Микроволновое облучение большой интенсивности используется для бесконтактного нагрева тел (в бытовых микроволновых печах — для разогрева продуктов, в промышленных — для термообработки металлов, в хирургии — при радиочастотной абляции вен; основным элементом здесь служит магнетрон), а также для радиолокации [15].

Микроволновые печи работают, используя очень высокие уровни определенной частоты радиочастотного излучения (в микроволновом спектре), чтобы нагреть продукты. Когда микроволны поглощаются пищей, содержащей воду, это заставляет молекулы воды вибрировать, что производит тепло. Микроволны не используют рентгеновские лучи или гамма-лучи и не делают пищу радиоактивной. Микроволновые печи могут готовить пищу, но в остальном они не изменяют ее химическую или молекулярную структуру [16].

### **1.3 Применение микроволнового облучения в аналитической химии**

#### **1.3.1 Взаимодействие микроволнового облучения со средой**

МВО может взаимодействовать с веществами, находящимися в газообразном, жидком или твердом состоянии. На анализе взаимодействия МВО с молекулами основана широко используемая в научно-исследовательской практике радиочастотная спектроскопия, позволяющая получать информацию о свойствах молекул. Можно отметить, что по разным причинам препаративное проведение химических процессов в газовой фазе с использованием энергии МВ-поля пока еще не начато. Для химической практики наиболее интересно взаимодействие МВ-излучения с жидкими и твердыми веществами [17].

Заметное поглощение МВ-излучения наблюдается при облучении многих жидкостей и жидких растворов. Особенно сильное поглощение наблюдается в случае воды и водных растворов. Взаимодействие МВ-излучения с твердыми образцами может сопровождаться его отражением, поглощением и прохождением через объем образца без ослабления [18].

Твердые материалы по характеру взаимодействия с МВ-излучением можно разделить на три группы. К первой группе относятся металлы, гладкая поверхность которых полностью отражает МВ-лучи. При этом металл не нагревается, так как потерь энергии МВ-излучения в его объем практически нет. Если же поверхность металла шероховата, то МВ-излучение способно вызывать на таких поверхностях дуговой разряд.

Ко второй группе принадлежат диэлектрики, пропускающие МВ-излучение через свой объем практически неизменным: плавленый кварц, различные стекла, фарфор и фаянс, полиэтилен, полистирол и фторопласты (тефлон и др.).

Наконец, к третьей группе принадлежат диэлектрики, при прохождении через объем которых происходит поглощение МВ-излучения,



сопровождающееся, в частности, разогревом образцов. На практике для МВ-нагрева часто используют смеси, содержащие вещества, слабо и сильно поглощающие МВ-излучение. Меняя состав таких смесей, удастся регулировать максимальную температуру нагрева смеси и состав образующихся продуктов реакций [19].

Микроволны являются эффективным методом нагревания, поскольку они передают тепло непосредственно к образцу, а не передают тепло от горячей пластины к емкости для образца. Этот прямой метод нагрева также делает его очень управляемым. Нагревание прекращается, как только микроволны выключаются, что дает мгновенный контроль над процессом [20].

Нагрев при микроволновом облучении является селективным, поскольку полярные вещества поглощают и преобразуют микроволновое облучение в тепло и могут избирательно нагреваться в присутствии неполярных веществ, которые не поглощают микроволны. Этот эффект был четко продемонстрирован в гетерогенных системах, и эта селективность не может быть достигнута обычным нагревом. Кроме того, он использовался для селективного нагрева растворителей, 20 катализаторов, 21 и даже микроволновых токоприемников 22, которые позволяют нагревать не микроволновые поглощающие смеси [22].

Так же область применения микроволнового излучения относится к широкому спектру органических синтезов с многочисленными преимуществами (сокращение времени реакции, улучшенная чистота продуктов и лучшие выходы), охватывающими преимущества как тепловых, так и (или) специфических не чисто тепловых эффектов излучения, Применительно к методам, не содержащим растворителей, это приводит к очень эффективным и чистым процедурам, особенно в случаях, когда используются полярные механизмы с увеличением полярности среды во время протекания реакции и в поздних переходных состояниях вдоль координат реакции [19].

### **1.3.2 Воздействие микроволнового излучения на протекание реакций**

Микроволновая химия возникла на стыке физики и химии. Она включает химические превращения с участием твердых диэлектриков и жидкостей, связанные с использованием энергии микроволнового поля или, как было принято говорить ранее, сверхвысокочастотного поля, то есть СВЧ-излучения. Было обнаружено, что микроволновое (МВ) излучение способно в десятки и сотни раз ускорять многие химические реакции, вызывать быстрый объемный нагрев жидких и твердых образцов, эффективно (быстро и полностью) удалять влагу из твердых, в том числе и высокопористых, препаратов, модифицировать свойства различных сорбентов. Как на обычной, так и на химической кухне нагревание – самый распространенный способ ускорения различных химических превращений [23]. При традиционном нагреве передача теплоты от нагревателя к нагреваемому объекту происходит постепенно, за счет конвекции, теплопроводности и радиационного переноса тепловой энергии от внешних участков к внутренним и всегда связана с возникновением температурного градиента. При воздействии на образец МВ-излучения нагревание обусловлено взаимодействием МВ-излучения, во многих случаях обладающего достаточно хорошей проникающей способностью, с молекулами (ионами) по всему объему облучаемого материала. В результате нагревание происходит сразу по всему объему облучаемого образца[25].

МВ-нагрев позволяет резко сократить длительность проведения органических реакций, его использование эффективно при синтезе различных органических соединений, меченных короткоживущими радионуклидами, периоды полураспада которых составляют несколько минут. Такие меченые препараты можно использовать для медицинской диагностики. Также значения констант скоростей некоторых реакций в условиях МВ-облучения

возрастают примерно в 20-30 раз и более (в области температур 120-170 °C ) [24].

Растворители, нагретые под микроволнами, могут кипеть при температурах, превышающих равновесную температуру кипения при атмосферном давлении. Это открывает возможность ускорения гомогенной реакции с учетом уравнения Аррениуса при перегретой температуре [21].

Использование метода микроволнового расщепления дает два основных преимущества [23].

Во-первых, использование микроволновой энергии в герметичном сосуде значительно повышает температуру кипения кислоты. Например, азотная кислота кипит примерно при  $t_{\text{кип}} = 120$  °C при атмосферном давлении, тогда как в герметичном сосуде азотная кислота может нагреваться до 250 °C. Эта дополнительная температура означает, что образцы могут расщепляться быстрее и эффективнее. Примером может служить то, что расщепление почвы US EPA может быть выполнено за десять минут с использованием микроволновой системы расщепления по сравнению с четырьмя часами традиционными методами.

Другое преимущество состоит в том, что невозможно полностью расщепить некоторые типы материалов, используя только кислоты при температуре кипения в атмосфере. Чтобы расщепить эти типы материалов, необходима более высокая температура. Используя герметичный контейнер, как при микроволновом расщеплении, это возможно.

#### **1.4 Вольтамперометрические методы определения**

Вольтамперометрия, совокупность электрохимических методов исследования и анализа, основанных на изучении зависимости силы тока в электролитической ячейке от потенциала погруженного в анализируемый раствор индикаторного микроэлектрода, на котором реагирует исследуемое электрохимически активное (электроактивное) вещество. В ячейку помещают помимо индикаторного вспомогательный электрод со значительно большей

поверхностью, чтобы при прохождении тока его потенциал практически не менялся (неполяризующийся электрод) [26].

Вольтамперометрию с использованием капающих электродов, потенциал которых меняется медленно и линейно, называют полярографией (метод предложен Я. Гейровским в 1922). Электродами сравнения служат обычно электроды второго рода, например каломельный или хлорсеребряный [27].

Вольтамперометрия позволяет идентифицировать растворенные вещества в электролите, определять их концентрацию, а в некоторых случаях находить термодинамические и кинетические параметры для электродных реакций [28].

Технический регламент ТС 021/2011 требует проведение контроля за продовольственным (пищевым) сырьем и за пищевой продукцией средствами, обеспечивающими необходимые достоверность и полноту контроля. Данный контроль подразумевает проведение анализа пищевой продукции на соответствие показателям безопасности. Показатели безопасности продуктов питания и перечни стандартов, содержащих правила и методы испытаний и измерений, приведены в Технических регламентах Таможенного союза [18].

Процедура анализа пищевых продуктов состоит из трех основных этапов: отбор образца, типичного для объекта исследования; подготовка образца к анализу; инструментальный анализ. Каждый из этапов должен выполняться с помощью наиболее подходящего метода, который должен быть выбран в соответствии с техническими регламентами с одной стороны по аналитическим соображениям, а с другой стороны - по соображениям экономичности [29]. Разнообразие матриц и ширина спектра исследуемых веществ привели к появлению множества методов. Изучение сильно ядовитых веществ заставило интересоваться способами быстрого обнаружения. Анализ остаточного содержания и примесей загрязняющих веществ ради охраны

здоровья населения сводится к определению следовых количеств и микропримесей, из-за чего потребовались многоэтапные физико-химические методы [30].

Сравнительно низкой стоимостью оборудования наряду с высокой чувствительностью обладает метод инверсионной вольтамперометрии. Благодаря этим достоинствам метод оказался востребованным в России для решения проблемы, связанной с массовым контролем токсичных микроэлементов в пищевых продуктах в условиях финансовых ограничений испытательных лабораторий [31]. Высокая чувствительность вольтамперометрии, возможность определения даже следовых количеств элементов делают ее в ряде случаев конкурентноспособной с атомно-абсорбционной спектроскопией при определении кадмия, свинца и мышьяка в пищевых продуктах и продовольственном сырье [32]. Ценными свойствами вольтамперометрии являются возможность одновременного определения нескольких элементов (в оптимальных условиях эксперимента до четырех), а также определение различных форм элементов [33].

Вольтамперометрические методы анализа основаны на расшифровке поляризационных кривых - вольтамперограмм, полученных в электрохимической ячейке, заполненной раствором анализируемой пробы. Вольтамперограмма позволяет одновременно получить качественную и количественную информацию о веществах, восстанавливающихся или окисляющихся на индикаторном электроде. В практике аналитических лабораторий метод начал широко применяться с 60-х годов прошлого века, что было связано с проблемой охраны окружающей среды и необходимостью определения тяжелых металлов в экологических объектах. Новый толчок для массового применения вольтамперометрии дала необходимость контроля содержания токсичных микроэлементов в пищевых продуктах [34].

Высокая чувствительность метода достигается путем предварительного электрохимического концентрирования определяемого вещества на

поверхности индикаторного электрода. Это направление вольтамперометрического метода носит название инверсионная вольтамперометрия (ИВА). Аналитическое определение вещества в ИВА включает две основные стадии [35]:

- предварительное концентрирование на поверхности индикаторного электрода при заранее выбранном потенциале при энергичном перемешивании раствора;

- изменение потенциала индикаторного электрода от потенциала накопления до потенциала растворения полученного продукта и регистрация инверсионной вольтамперограммы растворения сконцентрированного определяемого вещества.

Аналитическим сигналом служит максимальный ток растворения концентрата определяемого элемента, регистрируемый на вольтамперограмме в виде пика или нескольких пиков, если проводится концентрирование и определение одновременно нескольких элементов. Положение пика на оси потенциалов характеризует природу определяемого компонента, а высота или площадь пропорциональны его концентрации в растворе при постоянных условиях электронакопления [36].

Поскольку подбором соответствующих условий (растворителя, материала электродов, реагентов и т.п.) самые различные вещества могут быть переведены в электроактивное состояние, на сегодняшний день разработаны способы вольтамперометрического определения большинства элементов в диапазоне концентраций от  $10^{-3}$  до  $10^{-11}$  М.

Достоинствами современного вольтамперометрического анализатора (полярографа) являются: относительная простота работы, низкая стоимость; высокая чувствительность; достаточная селективность и экспрессность определения; возможность автоматизации процесса измерения аналитического сигнала [37].

## **1.5 Предподготовка пищевых продуктов в условиях микроволнового излучения**

Пробоподготовка является самым продолжительным этапом процесса анализа проб и вносит самую большую погрешность в результаты измерений. При определении микроэлементов в пищевой продукции в большинстве случаев перед проведением измерений пробу частично или полностью минерализуют [38].

Последние годы ознаменовались широким применением микроволнового излучения в аналитической химии. Воздействие физических полей на химические процессы — направление не новое; достаточно вспомнить использование ультразвука или радиоактивного излучения. В этом ряду воздействие излучения микроволнового диапазона (сверхвысокой частоты) привлекло внимание аналитиков [39].

Первое и наиболее известное использование микроволнового излучения (МВИ) в химическом анализе — это ускорение разложения проб, в том числе в автоклавах при повышенных температурах и давлениях. Такое применение МВИ стало довольно обычным; ряд фирм, например СЕМ, Milestone и др., выпускает соответствующее оборудование [40]. Недавно, особенно в нашей стране, стали изучать механизм действия излучения, вычлняя для начала тепловую и нетепловую составляющие. МВИ ускоряет, иногда очень существенно, разложение геологических, биологических, высокомолекулярных и других образцов [41].

Другое, не столь устоявшееся направление использования МВИ в химическом анализе — это ускорение собственно аналитических реакций, например взаимодействия иона металла с реагентом, и интенсификация предварительной подготовки аналитических форм, способных к последующему взаимодействию [42].

За последнее десятилетие потребность в контроле содержания следов металлов значительно возросла. Микроволновая пробоподготовка и система

расщепления стали все более популярным методом растворения металлов, поскольку процесс расщепления может быть завершен за считанные минуты, а не за часы, которые требуются для расщепления на горячей плите [43]. Успех этого метода микроволновой системы подготовки проб обусловлен высокими температурами и давлением, создаваемыми с помощью микроволн. Кроме того, весь образец находится в сосуде, так что микроуровни могут быть измерены позже в анализе [44].

Микроволновая подготовка проб является не только инструментом для исследований, но и для рутинных аналитических лабораторий; современное состояние в пробоподготовке при анализе микроэлементов [45].

Наиболее часто для подготовки пищевых продуктов к анализу используют сочетание способов мокрого и сухого озоления в открытых сосудах (тиглях) [46].

Пробоподготовка включает в себя предварительное измельчение пробы для определения остаточных тяжелых металлов с целью приготовления однородного образца и последующего взятия не менее двух параллельных навесок, деструкцию органической матрицы для перевода ионов металлов в раствор.

При отборе проб следует избегать контакта исследуемого вещества и препаратов с предметами, содержащими определяемые металлы. Загрязнение лабораторной посуды железом, хромом и никелем может происходить при контакте с нержавеющей сталью, свинцом — с резиной, кадмием — с некоторыми видами пластмасс. Эти загрязнения контрольным опытом не учитываются и могут давать заметное завышение результатов [47].

Приготовление образцов с помощью микроволнового излучения было важным шагом в развитии сочетания общего качества и скорости анализа с начальным этапом преобразования твердых образцов в типичные растворы. Возможность использования разбавленных кислотных растворов и сосудов с кислородом под давлением для расщепления образцов рационализирована и



четко связана с недавними достижениями в материалах реакционных сосудов и взаимодействием вещества и микроволнового излучения [48].

Предварительная обработка образца является ключевым этапом перед анализом микроэлементов натуральных лекарственных средств. Чтобы устранить матричные эффекты и другие факторы помех, необходимо выбрать и оптимизировать метод расщепления для расщепления органических материалов и преобразования аналита в подходящую форму для определения [49].

### **1.5.1 Мокрое озоление**

Мокрое озоление предполагает окисление ОВ кислотами-окислителями и их смесями при повышенной температуре. Различают разложение в открытых сосудах, а также в закрытых сосудах. В последних эффективность разложения повышается, т.к. с увеличением давления повышается температура кипения кислот и скорости реакций окисления, разложения соответственно растут. Для разложения чаще всего используют концентрированную азотную, смеси азотной и серных кислот, смеси  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$ ,  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и  $\text{HClO}_4(\text{к})$ .

Процедуры переваривания мокрой золы просты в эксплуатации и могут переваривать относительно большое количество образцов, но при этом расходуется много кислоты, которая может создавать помехи и вызывать загрязнение окружающей среды [50].

### **Микроволновое разложение**

В этом методе в качестве источника тепла для мокрой минерализации веществ используется энергия МВ-излучения. Как известно, МВ-это вид электромагнитного излучения, вызывающий движение ионов и вращение диполей и приводящий к быстрому разогреву всего объема образца, поглощающего МВ-энергию. Использование МВ-печей позволят автоматизировать процесс пробоподготовки и значительно ускорить весь анализ. В результате вместо 1-2 часов (традиционный нагрев на плитке или

печи) для полного разложения проб кислотой требуется 10-15 мин, а Ткип достигается за 2мин [51].

### **1.5.2 Сухое озоление**

Метод сухого озоления основан на нагревании органических веществ до высокой температуры при доступе воздуха. Сухое озоление производят в фарфоровых, кварцевых или платиновых тиглях. При разрушении органических веществ с помощью этого метода на исследование берут относительно небольшие навески (1 – 10 г) исследуемых объектов (пищевые продукты, биологический материал и др.) и нагревают в тигле до 300 – 400 °С. Увеличение навесок исследуемых объектов является нежелательным, так как это значительно увеличивает время озоления.

Для процедур сухого озоления требуется мало реагентов и они имеют низкую чистоту, но это может привести к тому, что некоторые элементы улетучатся или вступят в реакцию с сосудом, что приведет к низкой степени извлечения. [51]

## **2 Экспериментальная часть**

### **2.1 Объекты и методы исследования**

#### **1) Красное вино Каберне**

Состав вина:

Вода

Спирт

Углеводы: глюкоза и фруктоза

Органические кислоты: винная и яблочная

Минеральные вещества: железо, магний, кальций, калий, йод и др.

Витамины гр. В, РР, Р

Дубильные, красящие и ароматические вещества

#### **2) Кекс**

Состав кекса:

Мука

Регуляторы кислотности

Изоаскорбат натрия

Красители

Крахмал

Сахар

Загуститель

Глицерин

Дрожжи

Сорбиновая кислота

### **2.2 Пробоподготовка жидких веществ на анализ на содержание металлов**

К 5мл анализируемой пробы приливают 2мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$ . Нагревают в условиях МВО поминутно, измеряя объем оставшегося образца после каждой минуты. Как только объем пробы

достигает 0.5мл, к нему приливают 0.5мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и 0.5мл концентрированной перекиси водорода  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$ . Затем процесс нагревания повторяют аналогично, пока объем образца не достигнет 0.5мл и снова приливают те же реактивы в таком же количестве. 0.5мл концентрированная азотная кислота  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и 0.5мл концентрированная перекись водорода  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$  в течение всего процесса нагрева в условиях МВО добавляются 3 раза. После этого объем пробы доводят до 0.5мл либо высушивают, после чего она отправляется на дальнейший анализ.

### **2.3 Пробоподготовка твердых веществ на анализ на содержание металлов**

К 0.1г анализируемого вещества приливают 3мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$ . Нагревают в условиях МВО поминутно, измеряя объем оставшегося образца после каждой минуты. Как только объем пробы достигает 0.5мл, к нему приливают 0.5мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и 0.5мл концентрированной перекиси водорода  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$ . Затем процесс нагревания повторяют аналогично, пока объем образца не достигнет 0.5мл и снова приливают те же реактивы в таком же количестве. 0.5мл концентрированная азотная кислота  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и 0.5мл концентрированная перекись водорода  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$  в течение всего процесса нагрева в условиях МВО добавляются 3 раза. После этого объем пробы доводят до 0.5мл либо высушивают, после чего она отправляется на дальнейший анализ.

### **2.4 Описание опытов**

Пробоподготовка вина. Подбор мощности.

Выбор оптимальной мощности:

1) Была взята проба вина 5 мл и помещена в микроволновую печь при мощности 80Вт. После нагревания в течение 1-2 минут измеряли объем упаренного образца и измеряли его температуру.

Таблица 1 – Сушка вина при мощности 80Вт

№	Содержание этапа	Мощность, Вт	Температура, °С	Время, мин	Объем, мл
1	Состав пробы: 5мл вина				5
2	После нагрева при МВО	80	54	1	3,95
3	то же	80	54	1	3,9
4	то же	80	54	1	3,8
5	то же	80	54	2	3,6
6	то же	80	54	2	3,3
7	то же	80	54	2	3
8	то же	80	54	3	2
итог: время сушки составило 12 мин					

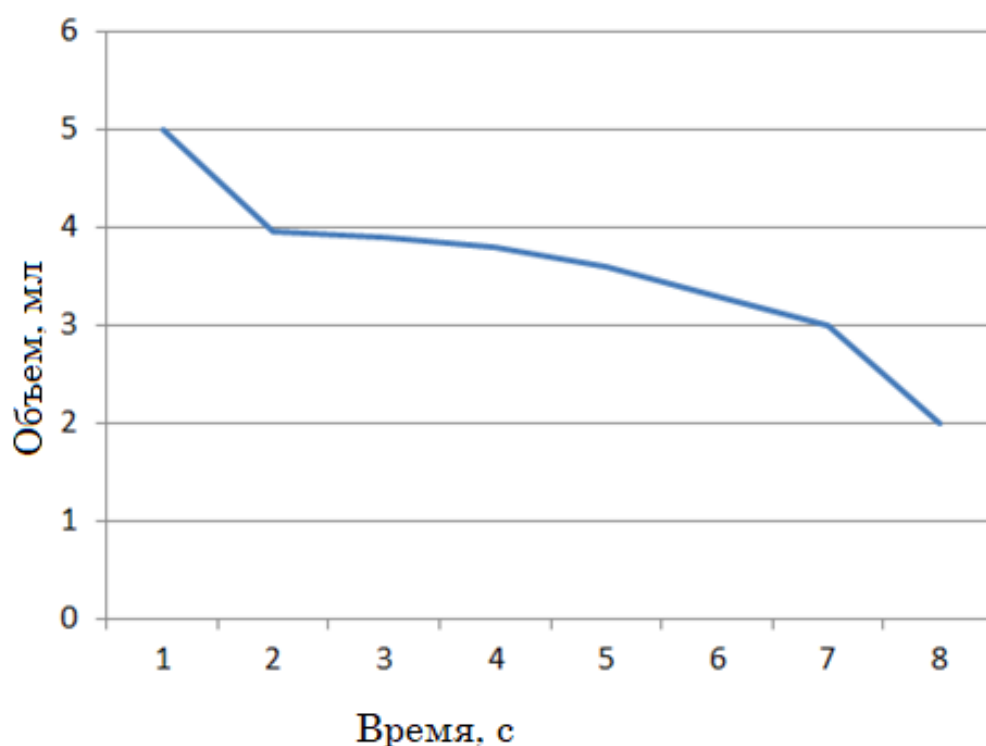


Рисунок 1 - Сушка вина при мощности 80Вт

2)Была взята проба вина 5 мл и помещена в микроволновую печь при мощности от 80 до 280Вт. После нагревания в течение 1 минуты измеряли объем упаренного образца и измеряли его температуру.

Таблица 2 – Сушка вина при мощности 80, 130, 280Вт

№	Содержание этапа	Мощность, Вт	Температура, °С	Время, мин	Объем, мл
1	Состав пробы: 5мл вина				5
2	После нагрева при МВО	80	114	1	4,1
3	то же	130	114	1	3
4	то же	280	114	1	1,9
5	то же	280	114	1	высохло
Итог: время сушки составило 4 мин					

Образец высох после 4 минут нагревания и был вишневого цвета.

3) Была взята проба вина 5 мл и помещена в микроволновую печь при мощности от 280 до 360Вт. После нагревания в течение 1-2 минут измеряли объем упаренного образца и измеряли его температуру.

Таблица 3 – Сушка вина при мощности 280, 360 Вт

№	Содержание этапа	Мощность, Вт	Температура, °С	Время, мин	Объем, мл
1	Состав пробы: 5мл вина				5
2	После нагрева при МВО	280	86	2	4,3
3	то же	360	86	1	3,1
4	то же	360	86	2	1,6
5	то же	360	100	2	высохло
Итог: время сушки составило 7 мин					

Проба начинает кипеть при 360Вт через 30 секунд после начала нагревания. Образец высох после 7 минут нагревания, но приобрел коричневый цвет (не вишневый как должно быть), т.е. сгорел.

## Вывод

Опыты следует проводить при мощности 280 Вт, в противном случае при большей мощности образец сгорает (имеет коричневый цвет, не вишневый)

### Пробоподготовка вина

Была взята проба красного вина в количестве 2мл. К ней прилили 2 мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и поместили в микроволновую печь при оптимальной мощности 280Вт. Через минуту-две измеряли температур и объем образца после упаривания, и как только он доходил до 0.5 мл, добавляли 0.5 мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и 0.5мл концентрированной перекиси водорода  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$ . После этого помещали пробу в микроволновую печь и повторяли процесс 3 раза(объем доходил до 0.5мл и добавляли 0.5 мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и 0.5мл концентрированной перекиси водорода  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$ ). Образец выпаривали до тех пор, пока он полностью не высох. Данные занесены в таблицу 4.

Таблица 4 – Пробоподготовка виноматериала в условиях МВО при различной мощности

№	Содержание этапа	Мощность, Вт	Температура, °С	Время, мин	Объем, мл
	Состав пробы: 2 мл вина + 2мл $\text{HNO}_3(\text{к})$				4
	После нагрева при МВО	280	102	2	1,6
	то же	280	102	1	0,4
	Добавим 0.5мл $\text{HNO}_3(\text{к})$ и 0.5мл $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$				1,4
	После нагрева при МВО	280	102	0,8	0,5
	Добавим 0.5мл $\text{HNO}_3(\text{к})$ и 0.5мл $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$				1,5
	После нагрева при МВО	280	102	0,8	0,8

	то же	280	102	0,8	0,4
	Добавим 0.6мл HNO <sub>3</sub> (к) и 0.5млH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (к)				1,4
	После нагрева при МВО	280	102	1	0,6
	то же	280	102	1	высохло
Итог: Время пробоподготовки составило 7,4 мин.					
	Состав пробы: 2 мл вина + 2мл HNO <sub>3</sub> (к)				4
	После нагрева при МВО	80	102	12	высохло
	Состав пробы: 2 мл вина + 2мл HNO <sub>3</sub> (к)				4
	После нагрева при МВО	360	104	6	Образовался полимер темного цвета

### Пробоподготовка сухого продукта(кексы)

#### 1) Образец 1611

Была взята проба кекса в количестве 0.1044г. К ней прилили 3 мл концентрированной азотной кислоты HNO<sub>3</sub>(к) и поместили в микроволновую печь при оптимальной мощности 280Вт. Через минуту-две измеряли температур и объем образца после упаривания, и как только он доходил до 0.5 мл, добавляли 0.5 мл концентрированной азотной кислоты HNO<sub>3</sub>(к) и 0.5мл концентрированной перекиси водорода H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (к). После этого помещали пробу в микроволновую печь и повторяли процесс 3 раза(объем доходил до 0.5мл и добавляли 0.5 мл концентрированной азотной кислоты HNO<sub>3</sub>(к) и 0.5мл концентрированной перекиси водорода H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (к) ). Образец выпаривали до тех пор, пока его объем не достиг 0.5мл. Данные занесены в таблицу 5.

Таблица 5 – Пробоподготовка образца кекса в условиях МВО при различной мощности (образец 1611)

№	Содержание этапа	Мощность, Вт	Температура, °С	Время, мин	Объем, мл
	Состав пробы: 0,1044г + 3мл HNO <sub>3</sub> (к)				3



	После нагрева при МВО	280	99	1,4	0,6
	Добавим 0.5мл $\text{HNO}_3(\text{к})$ и 0.5мл $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$				1,6
	После нагрева при МВО	280	99	1	0,9
	то же	280	99	0,6	0,5
	Добавим 0.5мл $\text{HNO}_3(\text{к})$ и 0.5мл $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$				1,5
	После нагрева при МВО	280	99	1	0,3
	Добавим 0.5мл $\text{HNO}_3(\text{к})$ и 0.5мл $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$				1,3
	После нагрева при МВО	280	99	0,6	1
	то же	280	99	0,7	0,5
	Итог: Время пробоподготовки составило 5,3 мин				
	Состав пробы: 0,1044г + 3мл $\text{HNO}_3(\text{к})$				3
	После нагрева при МВО	80	60	10	0,6
	Состав пробы: 0,1044г + 3мл $\text{HNO}_3(\text{к})$				3
	После нагрева при МВО	360	103	4	Образовался полимер темного цвета

## 2)Образец 1612

Была взята проба кекса в количестве 0.1137г. К ней прилили 3 мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и поместили в микроволновую печь при оптимальной мощности 280Вт. Через минуту-две измеряли температур и объем образца после упаривания, и как только он доходил до 0.5 мл, добавляли 0.5 мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и 0.5мл концентрированной перекиси водорода  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$ . После этого помещали пробу в микроволновую печь и повторяли процесс 3 раза(объем доходил до 0.5мл и добавляли 0.5 мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и 0.5мл

концентрированной перекиси водорода  $H_2O_2$  (к) ). Образец выпаривали до тех пор, пока его объем не достиг 0.5мл. Данные занесены в таблицу 6.

Таблица 6 – Пробопоготовка образца кекса в условиях МВО при различной мощности (образец 1612)

№	Содержание этапа	Мощность, Вт	Температура, °С	Время, мин	Объем, мл
	Состав пробы: 0.1137г + 3мл $HNO_3$ (к)				3
	После нагрева при МВО	280	99	1	2
	то же	280	99	0,8	0,5
	Добавим 0.5мл $HNO_3$ (к) и 0.5мл $H_2O_2$ (к)				1,5
	После нагрева при МВО	280	99	1	0,9
	то же	280	99	0,5	0,5
	Добавим 0.5мл $HNO_3$ (к) и 0.5мл $H_2O_2$ (к)				1,5
	После нагрева при МВО	280	99	1	0,4
	Добавим 0.5мл $HNO_3$ (к) и 0.5мл $H_2O_2$ (к)				1,4
	После нагрева при МВО	280	99	1	0,8
	то же	280	99	0,5	0,5
Итог: Время пробопоготовки составило 5,8 мин					

### 3)Образец 1613

Была взята проба кекса в количестве 0.1071г. К ней прилили 3 мл концентрированной азотной кислоты  $HNO_3$ (к) и поместили в микроволновую печь при оптимальной мощности 280Вт. Через минуту-две измеряли температур и объем образца после упаривания, и как только он доходил до 0.5 мл, добавляли 0.5 мл концентрированной азотной кислоты  $HNO_3$ (к) и 0.5мл концентрированной перекиси водорода  $H_2O_2$  (к). После этого помещали пробу

в микроволновую печь и повторяли процесс 3 раза(объем доходил до 0.5мл и добавляли 0.5 мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и 0.5мл концентрированной перекиси водорода  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$  ). Образец выпаривали до тех пор, пока его объем не достиг 0.5мл. Данные занесены в таблицу 7.

Таблица 7 – Пробоподготовка образца кекса в условиях МВО при различной мощности (образец 1613)

№	Содержание этапа	Мощность, Вт	Температура, °C	Время, мин	Объем, мл
	Состав пробы: 0.1071г + 3мл $\text{HNO}_3(\text{к})$				3
	После нагрева при МВО	280	99	1	1,3
	то же	280	99	0,5	0,5
	Добавим 0.5мл $\text{HNO}_3(\text{к})$ и 0.5мл $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$				1,5
	После нагрева при МВО	280	99	1	0,9
	то же	280	99	0,5	0,7
	то же	280	99	0,33	0,6
	Добавим 0.5мл $\text{HNO}_3(\text{к})$ и 0.5мл $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$				1,6
	После нагрева при МВО	280	99	1	0,5
	Добавим 0.5мл $\text{HNO}_3(\text{к})$ и 0.5мл $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$				1,5
	После нагрева при МВО	280	99	1	0,5
	Итог: Время пробоподготовки составило 5,3 мин				

## Пробоподготовка сока

### 1) Состав яблочного сока:

- легкоусвояемые углеводы
- сахара
- органические кислоты
- пищевые волокна
- белки и жиры
- Из витаминов: группа В, витамин С, Е, РР, Р
- Множество минералов, таких как калий, кальций, магний, железо, йод, фтор, фосфор и натрий и другие.

Была взята проба яблочного сока в количестве 2мл. К ней прилили 2 мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и поместили в микроволновую печь при оптимальной мощности 280Вт. Через минуту-две измеряли температур и объем образца после упаривания, и как только он доходил до 0.5 мл, добавляли 0.5 мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и 0.5мл концентрированной перекиси водорода  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$ . После этого помещали пробу в микроволновую печь и повторяли процесс 3 раза(объем доходил до 0.5мл и добавляли 0.5 мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и 0.5мл концентрированной перекиси водорода  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$ ). Образец выпаривали до тех пор, пока он полностью не высох, т.е. появился сухой остаток. Данные занесены в таблицу 8.

Таблица 8 – Пробоподготовка образца яблочного сока в условиях МВО при различной мощности

№	Содержание этапа	Мощность, Вт	Температура, °С	Время, мин	Объем, мл
	Состав пробы: 2мл сока + 2мл $\text{HNO}_3(\text{к})$				4
	После нагрева при МВО	280	98	1	2,8
	то же	280	98	1	1,8
	то же	280	98	1	0,6

	Добавим 0.5мл HNO <sub>3</sub> (к) и 0.5млH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (к)				1,6
	После нагрева при МВО	280	98	1	0,2
	Добавим 0.5мл HNO <sub>3</sub> (к) и 0.5млH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (к)				1,2
	После нагрева при МВО	280	98	0,5	0,6
	Добавим 0.5мл HNO <sub>3</sub> (к) и 0.5млH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (к)				1,6
	После нагрева при МВО	280	98	0,5	1
	то же	280	98	0,5	0,6
	то же	280	98	0,5	0,4
	то же	280	98	0,5	0,2
	то же	280	98	0,5	0,1
	то же	280	98	0,5	сухой остаток желтоватого цвета
	Итог: Время пробоподготовки составило 7,5 мин				
	Состав пробы: 2мл сока + 2мл HNO <sub>3</sub> (к)				4
	После нагрева при МВО	80	53	11	сухой остаток желтоватого цвета
	Состав пробы: 2мл сока + 2мл HNO <sub>3</sub> (к)				4
	После нагрева при МВО	360	97	7	сухой остаток коричневого цвета

## 2) Состав сока апельсиновое манго:

- апельсиновый сок
- пюре манго
- мандариновый сок
- сахар и глюкозно-фруктозный сироп

- регулятор кислотности - лимонная кислота
- вода

Была взята проба сока апельсиновое манго в количестве 2мл. К ней прилили 2 мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и поместили в микроволновую печь при оптимальной мощности 280Вт. Через минуту-две измеряли температур и объем образца после упаривания, и как только он доходил до 0.5 мл, добавляли 0.5 мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и 0.5мл концентрированной перекиси водорода  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$ . После этого помещали пробу в микроволновую печь и повторяли процесс 3 раза(объем доходил до 0.5мл и добавляли 0.5 мл концентрированной азотной кислоты  $\text{HNO}_3(\text{к})$  и 0.5мл концентрированной перекиси водорода  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$ ). Образец выпаривали до тех пор, пока он полностью не высох, т.е. появился сухой остаток. Данные занесены в таблицу 9.

Таблица 9 – Микроволновая подготовка сока апельсиновое манго

№	Содержание этапа	Мощность, Вт	Температура, °С	Время, мин	Объем, мл
	Состав пробы: 2мл сока + 2мл $\text{HNO}_3(\text{к})$				4
	После нагрева при МВО	280	103	1	3,4
	то же	280	103	0,5	2,4
	то же	280	103	0,5	2
	то же	280	103	1	0,8
	то же	280	103	0,25	0,7
	то же	280	103	0,25	0,5
	Добавим 0.5мл $\text{HNO}_3(\text{к})$ и 0.5мл $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$				1,5
	После нагрева при МВО	280	103	0,5	1
	то же	280	103	0,5	0,6
	Добавим 0.5мл $\text{HNO}_3(\text{к})$ и 0.5мл $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$				1,6
	После нагрева при МВО	280	103	0,5	1,2
	то же	280	103	0,5	0,5
	Добавим 0.5мл $\text{HNO}_3(\text{к})$ и 0.5мл $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$				1,5
	После нагрева при МВО	280	103	0,5	0,8
	то же	280	103	0,5	0,6
	то же	280	103	0,5	0,3
	то же	280	103	0,5	0,25

	то же	280	103	0,5	0,1
	то же	280	103	0,5	
	Итог: Время пробоподготовки составило 8,5 мин				
	Состав пробы: 2мл сока + 2мл HNO <sub>3</sub> (к)				4
	После нагрева при МВО	80	55	9	сухой остаток желтоватого цвета
	Состав пробы: 2мл сока + 2мл HNO <sub>3</sub> (к)				4
	После нагрева при МВО	360	104	6	Образовался полимер темного цвета

### 3 Результаты и обсуждения

Таблица 10 – Результаты анализа на примеси металлов

Образец	Подготовка пробы с азотной кислотой( $\text{HNO}_3(\text{к})$ ) и перекисью водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$ ) в условиях МВО			Подготовка пробы с азотной кислотой( $\text{HNO}_3(\text{к})$ ) и перекисью водорода( $\text{H}_2\text{O}_2(\text{к})$ ) в условиях обычного нагрева		
	Наличие металлов в образце		Время мокрого озоления (мин)	Наличие металлов в образце		Время мокрого озоления (мин)
	Cd	Pb		Cd	Pb	
Вино красное «Каберне»	<0.001	<0.026 ± 0.008	7	<0.001	<0.017 ± 0.005	40
1611(кекс)	<0.005	<0.03	5	<0.005	<0.03	40
1612(кекс)	<0.005	<0.03	5	<0.005	<0.03	40
1613(кекс)	<0.005	<0.03	5	<0.005	<0.03	40
Сок №1	<0.001	<0.021 ± 0.004	7,5	<0.001	<0.019 ± 0.007	40
Сок №2	<0.001	<0.023 ± 0.005	8,5	<0.001	<0.018 ± 0.004	40

#### Выводы:

- 1.Использование метода МВО при анализе на металлы пищевых продуктов позволяет сократить время пробоподготовки в 6-7 раз.
- 2.Установлено, что оптимальная мощность МВО при мокром озолении составляет 280Вт.



## **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **Введение**

В последнее время в пищевые продукты стали добавлять все больше и больше различных добавок для приобретения ими необходимых свойств. Однако наличие некоторых компонентов остаётся неизменным, таких как тяжелые металлы. Они необходимы для нормального протекания физиологических процессов в организме человека, но в определенных количествах, т.к. при повышенных концентрациях они токсичны. Из-за этого большое внимание стали также уделять контролю количества металлов в составе пищевых продуктов. Одной из составных частей процесса контроля является пробоподготовка.

Целью данного раздела является проектирование и создание конкурентно способных технологий, отвечающих современным требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения в области пищевой промышленности при анализе продукции.

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **4.1.1 Анализ конкурентных технических решений**

Результатом исследования данной работы является соединение, полученное в условиях микроволнового облучения, и в дальнейшем отправляется на анализ на наличие примесей тяжелых металлов. Основываясь на результатах, можно сделать вывод о полезности или вредности пищевого продукта для организма человека. Рассмотрим образец яблочного сока марки «Любимый» и 2 конкурентов, а именно соки марок «Добрый» и «Сады придонья».

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i,$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Целесообразно анализ конкурентных технических решений проводить с помощью оценочной карты таблица 11. В ней приведены баллы экспертной оценки использования сока марки «Любимый» ( $B_{\phi}$ ) продуктов-конкурентов – «Добрый» ( $B_{K1}$ ) и «Сады придонья» ( $B_{K2}$ ).  $K_{\phi}$ ,  $K_{K1}$ ,  $K_{K2}$  – конкурентоспособность соответствующих продуктов.

Таблица 11 – Оценочная карта сравнения для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{K1}$	$B_{K2}$	$K_{\phi}$	$K_{K1}$	$K_{K2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Выход продукта	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
2. Энергоемкость процессов	0,1	5	4	4	0,4	0,4	0,4
3. Использование МВО	0,2	5	1	1	1,5	1,2	1,2
Экономические критерии оценки эффективности							
4. Цена	0,2	2	3	4	0,2	0,4	0,4
5. Конкурентоспособность продукта	0,2	4	5	5	0,4	0,5	0,5
6. Финансирование научной разработки	0,2	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Итого:	1	26	23	23	4,3	4	4

Анализ был проведен сравнительно с двумя основными конкурентами: конкурент 1 - «Добрый», конкурент 2 - «Сады придонья». Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 11, подбираются, исходя из выбранных объектов

сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

#### 4.1.2 SWOT-анализ

SWOT – (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности и Threats – угрозы) – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT – анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта и состоит из нескольких этапов. В первом этапе рассматривает сильные и слабые стороны проекта, а также выявлении возможностей и угроз. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Результаты первого этапа SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны:</b> <b>С1.</b> Экологичность технологии <b>С2.</b> Простота эксплуатации <b>С3.</b> Минимальные затраты электроэнергии <b>С4.</b> Минимальное количество противопоказаний и побочных эффектов <b>С5.</b> Малое количество реагентов и оборудования, которые необходимы	<b>Слабые стороны:</b> <b>Сл1.</b> Отсутствие прототипа научной разработки <b>Сл2.</b> Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания образца
<b>Возможности:</b> <b>В1.</b> Высокий спрос на подобную методику <b>В2.</b> Повышение стоимости		

конкурентных разработок <b>В3.</b> Использование инновационной инфраструктуры ТПУ		
<b>Угрозы:</b> <b>У1.</b> Отсутствие спроса на новые технологии производства <b>У2.</b> Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования. <b>У3.</b> Развитая конкуренция технологий производства		

На втором этапе SWOT – анализа рассматривает соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 13, 14, 15 и 16.

Таблица 13 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	-
	B2	+	+	+	+	0
	B3	+	+	+	+	0

Таблица 14 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	-	-
	B2	0	-
	B3	0	-

Таблица 15 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта						
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	-	+	0	-	-
	У3	+	+	+	+	0

Таблица 16 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта			
Угрозы		Сл1	Сл2
	У1	-	0
	У2	+	+
	У3	-	-

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 17.

Таблица 17 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны:</b> <b>С1.</b> Экологичность технологии <b>С2.</b> Простота эксплуатации <b>С3.</b> Минимальные затраты электроэнергии <b>С4.</b> Минимальное количество противопоказаний и побочных эффектов <b>С5.</b> Малое количество реагентов и оборудования, которые необходимы	<b>Слабые стороны:</b> <b>Сл1.</b> Отсутствие прототипа научной разработки <b>Сл2.</b> Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания образца
--	---	--

<b>Возможности:</b> <b>В1.</b> Высокий спрос на подобную методику <b>В2.</b> Повышение стоимости конкурентных разработок <b>В3.</b> Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	Данная методика обладает рядом сильных сторон и может представлять интерес для компаний пищевой промышленности	Возможен поиск поставщиков необходимых материалов.
<b>Угрозы:</b> <b>У1.</b> Отсутствие спроса на новые технологии производства <b>У2.</b> Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования. <b>У3.</b> Развитая конкуренция технологий производства	Сильные стороны позволяют снизить потребности в финансировании до минимальных. Так же представить ряд преимуществ перед другими конкурентами.	Недостаток финансирования приводит к отсутствию достаточного количества материалов и оборудования для проведения полного исследования.

В результате проведения SWOT-анализа выявлено соответствие сильных сторон предлагаемого решения возможностям. Сильные стороны также позволяют компенсировать угрозы среды. Для устранения слабых сторон проекта необходим поиск источника финансирования проекта, которым может стать коммерческая организация. При правильно разработанной концепции продвижения проекта, можно внедрить используемую методику на рынок пищевой промышленности.

## 4.2 Планирование исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках проводимого исследования

Для выполнения исследовательской работы формируется рабочая группа, в состав которой входят: бакалавр – Ким В.В., научный руководитель – Губа Г.Я., консультант по экономической части (ЭЧ) - Якимова Т. Б. и консультант по части социальной ответственности (СО) – Сечин А.А. выпускной квалификационной работы. Необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и провести распределение исполнителей по видам работ (таблица 18).

Таблица 18 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№ этапа	Название этапа	Содержание работ	Должность исполнителя
1	Введение	Разъяснение темы НИР, основных направлений деятельности по осуществлению НИР	Губа Г.Я.(доцент ОХИ ИШПР)
2	Литературный обзор	Обзор существующих методик и теоретических основ методов пробоподготовки	Ким В.В.(студент)
3	Теоретический анализ	Разработка плана НИР, выбор методики и техники выполнения	Губа Г.Я.(доцент ОХИ ИШПР) Ким В.В.(студент)
4	Постановка задачи исследования	Постановка задачи на эксперимент, предсказание возможных результатов	Губа Г.Я.(доцент ОХИ ИШПР)
5	Экспериментальная часть	Исследование влияния микроволнового облучения на пробоподготовку пищевых продуктов при определении примесей тяжелых металлов	Ким В.В.(студент)
6	Результаты и обсуждения	Оценка эффективности полученных результатов и определение целесообразности проведения ВКР	Губа Г.Я.(доцент ОХИ ИШПР) Ким В.В.(студент)
7	Разработка технической документации и проектирование	Оценка эффективности применения методики	Якимова Т.Б. (доцент ОСГН) Ким В.В.(студент)
8		Разработка социальной ответственности по теме	Сечин А.А.(ассистент ООД) Ким В.В.(студент)
9	Оформление отчета по НИР	Разработка презентации, дипломной работы и раздаточного материала	Ким В.В.(студент)

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения проводимого исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

**Таблица 19 – Рабочая группа проекта**

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
Доцент ОХИ ИШПР Губа Г.Я.	Руководитель НИР	Контроль над ходом выполнения проекта, консультации по поводу проведения эксперимента, получения и анализа результатов НИР	160
Студент Ким В.В.	Исполнитель	Выполнение проекта(проведение эксперимента, получения анализа результатов НИР)	480
Доцент ОСГН Якимов Т.Б.	Консультант по экономической части	Оценка эффективности применения анализа	10
Ассистент ООД Сечин А.А.	Консультант по части социальной ответственности	Разработка социальной ответственности по теме	10
Итого:			740

Трудозатраты были рассчитаны на основании следующих данных: проект выполняется 4 месяца, руководитель проекта принимает участие 3 раза в неделю на протяжении 5-х часов, инженер дипломник работает в среднем 5 дней в неделю по 6 часов.

#### **4.2.3 Разработка графика проведения исследования в рамках ВКР**

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$  – й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$  – й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:



$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где  $T_{\text{кал}}$ —количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  — количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  — количество праздничных дней в году.

Таким образом по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118 - 27} = 1,66$$

Таблица 20 – Календарный план-график проведения работ в рамках ВКР

Вид работы	Исполнители	$T_{ki}$ , дней	Продолжительность выполнения работ												
			Январь		Февраль			Март			Апрель			Май	
			10	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	
Введение	Научный руководитель	5													
Обзор литературы	Бакалавр	70													
Экспериментальная часть	Научный руководитель, бакалавр	30													
Результаты и обсуждения	Научный руководитель, бакалавр	10													
Оценка экономической эффективности и разработка социальной ответственности	Консультант по ЭЧ, консультант по СО, бакалавр	20													
Обработка данных и оформление ВКР	Бакалавр	50													

 Научный руководитель
  Бакалавр
  Консультант по ЭЧ
  Консультант по СО

## 4.3 Бюджет проводимого исследования в рамках ВКР

### 4.3.1 Расчет материальных затрат

Бюджет затрат на выполнение проекта составляется с целью проведения данной работы. Затраты на проводимое исследование рассчитываются по статьям калькуляции, которые включают две группы затрат: прямые затраты и накладные затраты.

Расчет стоимости материальных затрат производился по действующим прейскурантам и ценам с учетом НДС. В стоимость материальных затрат включили транспортно-заготовительные расходы (3–5% от цены).

Результаты расчета затрат на сырье, материалы и покупные изделия в процессе проведения НИР представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Количество			Цена за ед., руб			Затраты на материалы, руб		
		Исп.1	Исп.1	Исп.1	Исп.1	Исп.1	Исп.1	Исп.1	Исп.1	Исп.1
Виноматериал	шт	1	0	0	480	0	0	480	0	0
Кекс	шт	0	3	0	0	12	0	0	36	0
Сок	шт	0	0	2	0	0	106	0	0	106
Азотная кислота	Колба, шт	1	1	1	300	300	300	300	300	300
Перекись водорода	Колба, шт	1	1	1	84	84	84	84	84	84
Кварцевый стаканчик, 20мл	шт	1	3	2	450	450	450	450	1350	900
Дозатор пипеточный	шт	1	1	1	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Мерный цилиндр, 10мл	шт	1	1	1	250	250	250	250	250	250
<b>Итого:</b>								<b>4064</b>	<b>4520</b>	<b>4140</b>

### 4.3.2 Расчет затрат на оборудование

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме. Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{C_n \cdot H_a \cdot n}{100 \cdot k},$$

где  $C_n$  - первоначальная стоимость оборудования;

$H_a$  - норма амортизации, %;

$n$  - число проработанных месяцев;

$k$  - количество месяцев в году.

Таблица 22 – Амортизация используемых приборов

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования, шт	Цена единицы оборудования, руб	Общая стоимость оборудования, руб	Норма амортизации, $H_a$ , %	Амортизация $A$ , руб
Микроволновой реактор DAEWOO ELECTRONICS KOR-6L15	1	4000	4000	5	200
Весы аналитические (класс точности 0,0001 г., Россия)	1	19000	19000	10	1900
Термометр Бесконтактный "ELITECH П350" (INST- 009)	1	1695	1695	4	67,8
Итого:			24695		2167,8

### 4.3.3 Расчет основной заработной платы

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) находится по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}},$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата в свою очередь рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно технического персонала, раб. дн.

Таблица 23 - Баланс рабочего времени за 2020 год

Показатель рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	24	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	247

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}$$

где:  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет основной заработной платы

Категория	$Z_{тс}$ , руб	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб
Руководитель							
ППСЗ	35120	0,3	1,3	59352,8	2980,95	20	59619
Бакалавр							
УВП	12130	0,3	1,3	20499,7	929,54	60	772,4
Консультант по ЭЧ							
ППСЗ	35120	0,3	1,3	59352,8	2980,95	1,25	3726,19
Консультант по СО							
ППС1	27770	0,3	1,3	46931,3	2357,09	1,25	2946,36

Общая заработная плата исполнителей работы представлена в таблице 25.

Таблица 25 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнители	$Z_{осн}$ , руб	$Z_{доп}$ , руб	$Z_{зп}$ , руб
Научный руководитель	59619	8942,85	68561,85
Бакалавр	772,4	115,86	888,26
Консультант по ЭЧ	3726,19	558,93	4285,12
Консультант СО	2946,36	441,95	3388,31
Итого	67063,95	10059,59	77123,54

Примечание: \* – дополнительная заработная плата (15% от  $Z_{осн}$ ).

#### 4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления на социальные нужды составляет 30% от суммы заработной платы всех сотрудников. Отчисления на социальные нужды составляет: отчисления в пенсионный фонд 22%, отчисление на социальное страхование 2,9%, отчисление на медицинское страхование 5,1%.

Рассчитываем затраты на отчисление на социальные нужды по формуле:

$$Z_{о.с.н} = 0,3 \cdot (Z_{осн.рук.} + Z_{осн.инж.}) ,$$

где: Зо.с.н – затраты на отчисления на социальные нужды, руб.

$$\text{Зо. с. н} = 0,3 \cdot (59619 + 772,4 + 3726,19 + 2946,36) = 20119,19 \text{руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	59619	8942,85
Бакалавр	772,4	115,86
Консультант по ЭЧ	3726,19	558,93
Консультант СО	2946,36	441,95
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
ИТОГО:	23292,31	

#### 4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование графических материалов, оплата услуг связи, электроэнергии, транспортные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$\text{Знакл} = \text{кнр} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5),$$

где: кнр – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов кнр допускается взять в размере 16%.

#### 4.3.6 Формирование бюджета затрат проводимого исследования

Рассчитанная величина затрат исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на исследовательский проект приведен в таблице 27.

Таблица 27 – Расчет бюджета затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты	4064	4520	4140	п. 4.4.1
2. Затраты на специальное оборудование	2167,8	2167,8	2167,8	п. 4.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	67063,95	67063,95	67063,95	п. 4.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10059,59	10059,59	10059,59	п. 4.4.3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	23292,31	23292,31	23292,31	п. 4.4.4
6. Накладные расходы	17063,62	17136,58	17075,78	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат	123711,27	124240,23	123799,43	Сумма ст. 1-6

#### 4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

Где:  $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$  - интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).



Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где:  $p_i$   $I$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $b_{ia}, b_{ip}$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;  $n$  – число параметров сравнения.

Результаты по расчету интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп. 3
1. Выход продукта	0,2	4	3	4
2. Энергоемкость процессов	0,25	4	4	4
3. Использование МВО	0,25	5	5	5
4. Простота подготовки	0,3	5	4	5
ИТОГО:	1	4,5	4	4,5

$$I_{p \text{ исп.1}} = 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,3 = 4,55;$$

$$I_{p \text{ исп.2}} = 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,3 = 4,05;$$

$$I_{p \text{ исп.3}} = 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,3 = 4,55.$$

Интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{\text{исп.}i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп } i} = \frac{I_{p-\text{исп } i}}{I_{\text{финр}}}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\text{Эср} = \frac{I_{\text{исп } 1}}{I_{\text{исп } 2}},$$

где Эср – сравнительная эффективность проекта;  $I_{\text{исп } 1}$  – интегральный показатель разработки;  $I_{\text{исп } 2}$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Наглядно данное сравнение представлено в таблице 29.

Таблица 29 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель	0,998	1	0,999
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,55	4,05	4,55
3	Интегральный показатель эффективности	4,56	4,05	4,56
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,87	1

Вывод: В результате проведенного анализа показано, что при пробоподготовке образцов виноматериала и сока (исполнение 1 и исполнение 3) достигается лучший эффект, чем при использовании образца кексов (исполнение 2). Данные варианты характеризуются высокими значениями показателей финансовой эффективности ( $I_{\text{фин}} = 0,998$  и  $I_{\text{фин}} = 0,999$ ),

ресурсоэффективности ( $I_p = 4,55$ ) и, следовательно, интегрального показателя эффективности, равного 4,56.

## **5. Социальная ответственность**

### **Введение**

Целью данной выпускной работы является МВО на процесс пробоподготовки пищевых продуктов при определении примесей тяжелых металлов. Данная тема была выбрана в связи с широким применением МВО в аналитической химии и в процессе пробоподготовки. Работа проводилась в учебно-исследовательской лаборатории отделения химической инженерии НИ ТПУ, снабженной всем необходимым для работы оборудованием. При работе осуществляется контакт с химическими реактивами. Кроме того, работник подвергается воздействию опасных и вредных факторов, обусловленных работой с химическими реактивами. В настоящем разделе рассматриваются вопросы охраны труда, связанные с работой в лаборатории, мероприятия по предотвращению воздействия на здоровье работников опасных и вредных факторов, а также возможное влияние на окружающую среду и потенциальные ЧС.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Общие положения [53]:

- 1) На работу в химико-аналитические лаборатории принимаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование для решения вопроса о возможности работы в лаборатории.
- 2) Вновь поступающие на работу допускаются к исполнению своих обязанностей только после прохождения вводного инструктажа о соблюдении мер безопасности, инструктажа на рабочем месте и после собеседования по вопросам техники безопасности.

3) Прохождение инструктажа обязательно для всех принимаемых на работу независимо от их образования, стажа работы и должности, а также для проходящих практику или производственное обучение.

4) Периодический инструктаж должен проводиться на рабочем месте дважды в год.

5) При переводе сотрудника на новые виды работ, незнакомые операции, перед работой с новыми веществами, а также в случае нарушения работником правил техники безопасности проводится внеплановый инструктаж.

6) Проведение всех видов инструктажа регистрируется в журнале.

7) Распоряжением по лаборатории в каждом рабочем помещении назначаются ответственные за соблюдением правил техники безопасности, правильное хранение легковоспламеняющихся, взрывоопасных и ядовитых веществ, санитарное состояние помещений, обеспеченность средствами индивидуальной защиты и аптечками первой помощи с необходимым набором медикаментов.

8) Проведение вводного инструктажа, контроль выполнения правил техники безопасности во всей лаборатории и ведение журнала инструктажа осуществляет назначенное начальником лаборатории должностное лицо, в подчинении которого находятся ответственные рабочих помещений.

9) Все работающие в лаборатории должны быть обеспечены необходимой спецодеждой и средствами индивидуальной защиты.

Все работы, электробезопасность, пожаробезопасность, использование и хранение химических реактивов должны соответствовать требованиям [53].

Так же к выполнению измерений и обработке результатов по данной методике допускают лиц, владеющих техникой ИВ метода анализа и

изучивших инструкцию по эксплуатации поляграфа или вольтамперометрического анализатора [54].

### **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Значительная часть работ в лаборатории проводится стоя, поэтому рабочую зону необходимо обустраивать в соответствии с эргономическими требованиями, указанными в [54]. В качестве примера рассмотрим пространство вытяжного шкафа с находящейся внутри микроволновой установкой, где осуществляются все манипуляции с реагентами и исследуемыми образцами. Конструкция, взаимное расположение элементов рабочего места (органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы. Рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Зоны досягаемости моторного поля в вертикальной и горизонтальной плоскостях для средних размеров тела человека приведены должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. А именно: зона досягаемости моторного поля в вертикальной плоскости должна находиться в пределах 0,5 метров, зона досягаемости моторного поля в горизонтальной плоскости – 0,8 метров.

Необходимо правильно размещать инструменты, с помощью которых производятся все манипуляции: термометр бесконтактный, мерный цилиндр, дозаторы, емкости с жидкостями и т.п. Все элементы должны быть расположены в пределах моторной доступности и предотвращать перекрещивания рук в процессе работы.

### **5.2 Производственная безопасность**

Производственная безопасность сводится к защите человека и окружающей среды от негативного влияния производства. Основная цель

производственной безопасности свести к минимуму поражения человека на рабочем месте. Общие требования безопасности к производственным процессам прописаны в [55].

### **5.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов**

В качестве объектов исследования использовались пищевые продукты (виноматериал, кексы, сок яблочный и апельсиновое манго). Данные вещества абсолютно безвредны для человеческого организма. Однако в ходе анализа использовались химикаты разной токсичности и класса опасности, которые напрямую воздействуют на человека, проводящего опыты (концентрированная азотная кислота  $\text{HNO}_3$  и концентрированная перекись водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$ ).

Азотная концентрированная кислота имеет 3 класс опасности, а ее пары весьма токсичны для организма человека. При попадании на кожу концентрированная азотная кислота вызывает тяжелые ожоги. Пары азотной кислоты и оксидов азота раздражают верхние дыхательные пути, вызывают конъюнктивиты и поражают роговицы глаз [56].

Перекись водорода - негорючая, пожаровзрывоопасная жидкость, является сильным окислителем, способна самопроизвольно разлагаться на воду и кислород, смешивается в любых соотношениях с водой. Данный реагент имеет 2 класс опасности и при попадании на кожу, слизистые оболочки и в дыхательные пути вызывает ожоги [57].

Помещения, в которых проводят работы с концентрированной азотной кислотой и перекисью водорода, должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией в связи с токсичностью и летучестью. Так же должны использоваться средства индивидуальной защиты: резиновые перчатки, защитные очки, халат.

Так же существует ряд опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении опытов. К ним относятся недостаточная

освещенность, отклонения параметров микроклимата, повышенный уровень шума.

При плохом освещении человек быстро устает, работает менее продуктивно, возрастает потенциальная опасность ошибочных действий и несчастных случаев. Наконец, плохое освещение может привести к профессиональным заболеваниям (например, близорукость, спазм аккомодации и др.)

Микроклимат производственных помещений, в основном, влияет на тепловое состояние организма человека и его теплообмен с окружающей средой. Например, снижение температуры при всех других одинаковых условиях может привести к переохлаждению организма. Длительное влияние высокой температуры в сочетании со значительной влажностью может привести к накоплению тепла в организме и к гипертермии. Параметры микроклимата оказывают также существенное влияние на производительность труда и на травматизм.

Повышенный уровень шума оказывает серьезное влияние на самочувствие сотрудника и его работоспособность, а в более длительной перспективе — и на общее состояние здоровья.

### **5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия**

При выполнении научной работы вредными факторами являются пары летучих используемых реактивов и растворителей, так же сами реагенты. Для защиты от вредных и опасных факторов предусмотрены следующие меры предосторожности: работу ведут под тягой с вентиляцией. Все работники в лаборатории обязаны не реже 1 раза в год проходить инструктаж по требованиям, предъявляемым к нему при работе в указанных помещениях с соответствующей записью в журнале. Так же все работники должны



использовать необходимые средства индивидуальной защиты при работе с реактивами (резиновые перчатки, защитные очки, халат).

*Показатели естественного и искусственного освещения [58]:*

В помещении в качестве источников искусственного освещения используются люминесцентные лампы типа ОД. Лампы ОД (открытые двухламповые) предназначены для помещений с хорошим отражением потолка и стен, допускаются при умеренной влажности и запыленности. По нормам освещения ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий в помещении при работе с ПК рекомендуется 300-500 лк при общем освещении.

*Микроклимат [59]:*

В лабораторных помещениях для соблюдения специальных норм микроклимата предусмотрены следующее в соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 и ГОСТ 12.1005 – 88 (2000) («Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»): помещения оснащены, устройством для отопления; используется теплоизоляционные материалы (асбест).

Согласно нормативному документу СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений (1 октября 1996 г. N 21) описанная работа относится к категории Ia с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт). Поэтому в лабораторных помещениях создаются оптимальные микроклиматические условия для нормального функционального состояния человека, приведенные в таблице 30.

Таблица 30 – Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (категория работ Ia)

Сезон года	Категория работ по уровню энергозатрат,	Температура воздуха, °С		Относительная влажность	Скорость движения воздуха, м/сек	
		Диапазон	Диапазон		Если	Если

	ккал/ч	ниже оптимальных значений	выше оптимальных значений		$t^0 < t^0_{\text{опт}}$	$t^0 > t^0_{\text{опт}}$
теплый	Ia (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	15-75	0,1	0,2
холодный		20,0-21,9	24,1-25,0		0,1	0,1

*Допустимый уровень шума [60]:*

В химической лаборатории установлены предельно допустимые уровни звукового давления и звука, приведенные в таблице 31.

Таблица 31 – Значение предельно допустимого звукового давления.

Показатель	Значения								
Частота, Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровень звукового давления в октавных полосах, дБ	103	91	83	77	73	70	68	66	64
Эквивалентный уровень звука, дБА	75								

*Электробезопасность:*

По действующим правилам устройства электроустановок (ПЭУ) лабораторные помещения с точными приборами относятся к 1 категории по степени опасности поражения электрическим током.

Обеспечение электробезопасности в лаборатории исследуют в соответствии с ГОСТом 12.1.013-98.

Работу с электрооборудованием и электрическими приборами, находящимися под напряжением, нужно выполнять с применением электрозащитных средств (диэлектрических резиновых перчаток, галош, ковров, изолирующих подставок).

Все розетки должны быть промаркированы для определения ее напряжения. Руководитель химической лаборатории и сотрудник, отвечающий за технику безопасности, регулярно должны проводить инструктажи, проверять состояние оборудования и приборов, не допускать использование неисправных устройств.

#### *Пожарная безопасность:*

В целях защиты жизни, здоровья, имущества людей, работающих в лаборатории, и имущества лаборатории принимается закон технического регулирования и устанавливает требования пожарной безопасности (Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. От 02.07.2013) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»).

Научно-исследовательская лаборатория Национального Томского политехнического университета по классу функциональной пожарной опасности в зависимости от назначения, а также от возраста, физического состояния и количества людей, находящихся в здании, сооружении относится к Ф5.1, а именно, к лабораторному помещению.

В соответствии с правилами пожарной безопасности в химической лаборатории на видном месте должен быть жидкостный или углекислотный огнетушитель у входной двери.

### **5.3 Экологическая безопасность**

Работа, проводимая в лаборатории, может оказывать воздействие на атмосферу, гидросферу и литосферу.

1) Влияние на атмосферу определяется использованием вредных веществ. Основным путем попадания в атмосферу является вентиляционная система. Для обеспечения необходимой защиты воздушной сферы все работы должны проводиться в вытяжном шкафу, оснащенном фильтром, при включенной

тяге. Также необходимо обеспечить герметичность тары, в которой находятся вредные вещества.

2) Вредное воздействие на гидросферу может оказывать химическое и биологическое загрязнение водотоков в результате удаления биологических, неорганических и органических отходов в канализационную сеть населенных пунктов. Данное воздействие определяется в соответствии с [61] и [62]. Если сточные воды содержат вредные вещества в концентрациях, превышающих установленные нормы, то их следует подвергать предварительной очистке. Для предотвращения негативных воздействий проводится организации раздельного сбора и хранения биологических, неорганических и органических отходов, обезвреживание кислых и щелочных стоков, регенерация растворителей. Жидкий биоматериал поступает в дезинфицирующие растворы, где подвергается обезвреживанию.

3) Химическое загрязнение литосферы (почвы) может произойти при неверной утилизации органических отходов, реактивов. Для этого необходимо соблюдать правила верного сбора и хранения твердых органических и неорганических отходов. Также правильно организовать утилизацию органических отходов.

## **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Все работники лаборатории обязаны пройти инструктаж по технике безопасности: знать меры при возникновении аварийных ситуаций, расположение первичных средств пожаротушения, план эвакуации и нахождение кнопок оповещения.

### **5.4.1 Возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения**

В ходе эксплуатации оборудования может возникнуть ряд внештатных ситуаций, например:

- химический взрыв
- внезапное отключение электроэнергии;
- выход оборудования из строя;
- возгорание оборудования;

#### **5.4.2 Необходимые мероприятия по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.**

Пожар - это наиболее глобальная чрезвычайная ситуация, которая происходит чаще остальных при несоблюдении правил безопасности.

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83 [53]:

- 1) Лаборатория должна быть оснащена пожарными кранами (не менее одного на этаж) с пожарными рукавами. В каждом рабочем помещении должны быть в наличии огнетушители и песок, а в помещениях с огнеопасными и легковоспламеняющимися веществами - дополнительные средства пожаротушения (п.5.3.2).
- 2) В помещении лаборатории на видном месте должен быть вывешен план эвакуации сотрудников в случае возникновения пожара.
- 3) Распоряжением по лаборатории из числа сотрудников назначается группа (3-5 человек), которая организует все противопожарные мероприятия, получив инструктаж местной пожарной команды.
- 4) Все сотрудники лаборатории должны быть обучены правилам обращения с огне- и взрывоопасными веществами, газовыми приборами, а также должны

уметь обращаться с противогазом, огнетушителем и другими средствами пожаротушения, имеющимися в лаборатории.

5) В помещениях лаборатории и в непосредственной близости от них (в коридорах, под лестницами) запрещается хранить горючие материалы и устанавливать предметы, загромождающие проходы и доступ к средствам пожаротушения.

6) Курить разрешается только в отведенном и оборудованном для этой цели месте. Курить в помещениях лаборатории строго запрещается!

7) Без разрешения начальника лаборатории и лица, ответственного за противопожарные мероприятия, запрещается установка лабораторных и нагревательных приборов, пуск их в эксплуатацию, переделка электропроводки.

8) Все нагревательные приборы должны быть установлены на термоизолирующих подставках.

9) Запрещается эксплуатация неисправных лабораторных и нагревательных приборов.

10) После окончания работы необходимо отключить электроэнергию, газ и воду во всех помещениях.

11) Каждый сотрудник лаборатории, заметивший пожар, задымление или другие признаки пожара, обязан

- немедленно вызвать пожарную часть по телефону;
- принять меры по ограничению распространения огня и ликвидации пожара;
- поставить в известность начальника лаборатории, который в свою очередь должен известить сотрудников, принять меры к их эвакуации и ликвидации пожара.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения ряда экспериментов получены результаты, которые позволяют сделать общие выводы о влиянии микроволнового облучения на пробоподготовку пищевых продуктов при определении примесей тяжелых металлов:

- 1) Использование метода МВО при анализе на металлы пищевых продуктов позволяет сократить время пробоподготовки в 6-7 раз.
- 2) Установлено, что оптимальная мощность МВО при мокром озолении составляет 280Вт.
- 3) Основным показателем эффективности используемой методики является время проведения опытов.

Полученные результаты возможно использовать в дальнейших исследованиях в химических лабораториях, пищевой промышленности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 54607.1-2011 Услуги общественного питания. Методы лабораторного контроля продукции общественного питания. Часть 1. Отбор проб и подготовка к физикохимическим испытаниям.
2. ОФС.1.1.0004.15 Отбор проб
3. Сульдина Т.И. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. – 2016. – № 1. – С. 136-140;
4. ГОСТ 31814-2012 Оценка соответствия. Общие правила отбора образцов для испытаний продукции при подтверждении соответствия.
5. Somenath Mitra – Sample Preparation Techniques in Analytical Chemistry. – 2003. – p.162
6. C. M. Beck II, J R. Moody – Sample Preparation in Analytical Chemistry . – 2017. – p.997
7. ГОСТ 7564-97 Прокат. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний
8. ГОСТ Р 54004-2010 «Продукты пищевые. Методы отбора проб для микробиологических испытаний»
9. Г.С. Сапунов Что такое микроволны, 2007
10. Entin V.N. Influence of microwave radiation on materials and human, 2018
11. Комарова Анастасия Сергеевна Влияние микроволнового излучения на почвенные бактерии: дис. ВАК РФ 03.00.07, кандидат биологических наук. 2008, Москва
12. Н. Н. Грачёв , Л. О. Мырова. Защита человека от опасных излучений. - М.: «Бином», 2005, 317 с.
13. Родионов Владимир Викторович Механизмы взаимодействия СВЧ-излучения с наноструктурированными углеродсодержащими



- материалами: дис. 01.04.07, кандидат физико-математических наук. Курск, 2015
14. Коляда В. Прирученные невидимки. Всё о микроволновых печах. 2004. Журнал "Наука и жизнь", вып. 10.
15. Болотов В.А., Черноусов Ю.Д., Удалов Е.И., Танашев Ю.Ю., Пармон В.Н. Особенности проведения высокотемпературных химических реакций под действием сверхвысокочастотного поля // Вестн. НГУ. Сер.: Физика. 2009. Т. 4, вып. 2. С. 78–83.
16. The American Cancer Society "Microwaves, Radio Waves, and Other Types of Radiofrequency Radiation", 2016
17. Романова Н.Н., Кудан П.В., Гравис А.Г., Бундель Ю.Г. Применение микроволновой активации в химии гетероциклических соединений // Химия гетероциклических соединений. 2000. № 10. С. 1308–1320.
18. Бердоносов С.С. Микроволновая химия // Соросовский образоват. журн. 2001. № 1. С. 32–38. 3.
19. Коньшин П.С. Влияние ультразвука и микроволнового излучения на некоторые реакции органического синтеза: дис. канд. хим. наук: 02.00.03. Уфа, 2006.
20. André Loupy, Rajender S Varma, Microwave Effects in Organic Synthesis: Mechanistic and Reaction Medium Considerations, 2007
21. A. Diaz-Ortiz, P. Prieto, A. de la Hoz, A Critical Overview on the Effect of Microwave Irradiation in Organic Synthesis, 2018
22. Perreux L., Loupy A. A tentative rationalization of microwave effects in organic synthesis according to the reaction medium, and mechanistic considerations. – Tetrahedron, 2001, v.57, №45, p.9199–9223.
23. B.L. Hayes, Microwave Synthesis: Chemistry at speed of Light. CEM-Publishing, Matthews, NC, 2002
24. Bob Lockerman, Why Choose Microwave Digestion Systems for Sample Preparation, 2014

- 25.Katriona Scoffin , Microwave Digestion Technology for Fast and Safe Sample Preparation, 2017
- 26.Microbial Electrochemical Technology, Voltammetry, 2019
- 27.Вольтамперометрия: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб и доп. / Н. В. Серебренникова, Н. В. Иванова; ГОУ ВПО «Кемеровский госуниверситет» – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2007.– 8
- 28.Н.Г. Ярышев, Д.А. Панкратов, М.И. Токарев, Н.Н. Камкин, С.Н. Родякина. Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе: Учебное пособие. ISBN: 978-5-4263-0122-1. М.:Прометей, 2012, 160 стр.
- 29.Carlos Eduardo Cardoso, Wagner Pacheco, Voltammetric Determination of Copper and Lead in Gasoline Using Sample Preparation as Microemulsions, 2007
- 30.Гейровский Я., Кута Я., Основы полярографии, пер. с чеш., М., 1965
- 31.Acta Pol Pharm, Voltammetric determination of copper in selected pharmaceutical preparations--validation of the method, 2011
- 32.Acta Pol Pharm, Voltammetric determination of zinc in compound pharmaceutical preparations--validation of method, 2009
- 33.Journal Analytical Methods, Electrochemical behaviour and voltammetric determination of rosuvastatin calcium in pharmaceutical preparations using a square-wave voltammetric method, 2013
- 34.Галюс З., Теоретические основы электрохимического анализа, пер. с польск., М., 1974;
- 35.Каплан Б. Я., Импульсная полярография, М., 1978;
- 36.Брайнина Х. З., Нейман Е. Я., Твердофазные реакции в электроаналитической химии, М., 1982;
- 37.Каплан Б. Я., Пац Р. Г., Салихджанова Р. М.-Ф., Вольтамперометрия переменного тока, М., 1985. Б. Я. Каплан, О. А. Сангина

- 38.Кубракова И.В. Микроволновое излучение в аналитической химии: возможности и перспективы использования // Успехи химии. 2002. Т. 71, № 4. С. 327–340
- 39.Кубракова И.В., Мясоедова Г.В., Еремин С.А., Плетнев И.В., Моходоева О.Б., Морозова В.А., Хачатрян К.С. Подготовка проб в условиях микроволнового нагрева // Методы и объекты хим. анализа. 2006. Т. 1, № 1. С. 27–34.
40. Copyright © 2014 Elsevier Microwave-Assisted Sample Preparation for Trace Element Determination, p.416
- 41.В.И. Маркин, М.Ю. Чепрасова, Н.Г. Базарнова Основные направления использования микроволнового излучения при переработке растительного сырья // химия растительного сырья. 2014. С. 21–42.
- 42.Другов Ю.С., Родин А.А. Пробоподготовка в экологическом анализе. 2002. С. 755
43. Questron Technologies Corp., Microwave digestion, 2015
- 44.Е.М.М. Flores, J.S.Barin, J.N.G. Paniz, J.A. Medeiros, G. Knapp, Microwave-assisted sample combustion: a technique for sample preparation in trace element determination, Anal. Chem. 2004
45. Erico Marlon Moraes Flores, Microwave-Assisted Sample Preparation for Trace Element Determination, 2014
46. George L. Donati, Joaquim A. Nóbrega ,Microwave-Assisted Sample Preparation for Spectrochemistry, 2011
- 47.ОФС.1.5.3.0009.15 Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах
48. Peter A. Fecher, Gerhard C. Schlemmer and Kerstin S. Schoeberl, in Microwave-Assisted Sample Preparation for Trace Element Analysis, 2014
49. Paola A. Mello, Juliano S.Barin, Ricardo A. Guarnieri, Microwave-Assisted Sample Preparation for Analysis, 2014.

50. Henryk Matusiewicz, Chapter 3 - Systems for Microwave-Assisted Wet Digestion, 2014.
51. Journal of the Chilean Chemical Society, COMPARISON OF DRY ASHING, WET ASHING AND MICROWAVE DIGESTION FOR DETERMINATION OF TRACE ELEMENTS IN PERIOSTRACUM SERPENTIS AND PERIOSTRACUM CICADAЕ BY ICP-AES, 2013.
52. ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения)
53. МУ 08-47/136. ПРОДУКТЫ ПИЩЕВЫЕ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЕ СЫРЬЕ. ИНВЕРСИОННО-ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (КАДМИЯ, СВИНЦА, МЕДИ И ЦИНКА)
54. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
55. ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы производственные. Общие требования безопасности (Переиздание)
56. ГОСТ 701-89 Кислота азотная концентрированная. Технические условия
57. ГОСТ 177-88. Водорода перекись. Технические условия (с Изменением N 1)
58. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.
59. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
60. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности.
61. ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
62. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.